

Detekcija mikroplastike pomoću FT-IR tehnologije u pivima pakiranim u aluminijske limenke

Banjac, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:102168>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

REPOZITORIJ

PTF

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

Sara Banjac

**DETEKCIJA MIKROPLASTIKE POMOĆU FT-IR TEHNOLOGIJE U PIVIMA
PAKIRANIM U ALUMINIJSKE LIMENKE**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Zavod za procesno inženjerstvo

Katedra za bioproceno inženjerstvo

Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij: Prehrambena tehnologija

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Biotehnološka proizvodnja hrane

Tema rada je prihvaćena na X. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2022./2023. održanoj 7. srpnja 2023.

Mentor: izv. prof. dr. sc. *Kristina Mastanjević*

Komentor: dr. sc. *Vlatko Galić*, zn. sur. (POLJINOS)

Detekcija mikroplastike pomoću FT-IR tehnologije u pivima pakiranim u aluminijske limenke

Sara Banjac, 0113144407

Sažetak:

Čestice mikroplastike su sveprisutne u hrani, piću i okolišu. Izloženost prisutnosti ovim česticama u hrani i piću sve se više istražuje. Pakiranjem piva u aluminijske limenke osigurava se trajnost proizvoda u senzorskom i fizikalno-kemijskom smislu, no različiti polimerni premazi koji se koriste u proizvodnji limenki mogu biti izvori čestica mikroplastike. Cilj ovog rada je istražiti prisutnost čestica mikroplastike i kemikalija povezanih sa tim česticama u pivu koristeći FT-IR tehnologiju. Današnja tehnologija detekcije mikroplastike oslanja se na semi-kvantitativnu analizu pomoću infracrvene spektroskopije Fourierovom transformacijom. Analizira se transmitanca (T) naturalnog uzorka korištenjem oslabljene ukupne reflektancije (eng. Attenuated Total Reflectance, ATR), te se frekvencijski odziv uzorka koristi za pretraživanje baza referentnih kemijskih spojeva s ciljem pronalaska najboljih podudaranja. U istim uzorcima bile su određene i kemikalije povezane sa česticama mikroplastike, čija analiza je odrađena pomoću GC-MS-a. Analiza je odrađena na pivima proizvedenim i pakiranim u Republici Hrvatskoj, a pakiranim u aluminijske limenke.

Ključne riječi: Mikroplastika, pivo, aluminijske limenke, FT-IR

Rad sadrži: 63 stranice
48 slika
48 tablica
18 literaturnih referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- | | |
|--|---------------|
| 1. prof. dr. sc. Vinko Krstanović | Predsjednik |
| 2. izv. prof. dr. sc. Kristina Mastanjević | član-mentor |
| 3. dr. sc. Vlatko Galić, zn. sur. (POLJINOS) | član-komentor |
| 4. doc. dr. sc. Krunoslav Aladić | zamjena člana |

Datum obrane: 15.rujna 2023.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 18 Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Faculty of Food Technology Osijek

Department of process engineering

Subdepartment of bioprocess engineering

Franje Kuhača 18, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program: Food technology

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food Technology

Course title: Biotechnological Food Production

Thesis subject: was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. X held on 17th July 2023

Supervisor: *Kristina Mastanjević*, PhD, associate prof.

Co-supervisor: *Vlatko Galić*, PhD, sci. assoc.

Detection of Microplastic in Beer Packaged in Aluminum Cans via FT-IR Technology

Sara Banjac, 0113144407

Summary:

Microplastic particles are ubiquitous in food, drink and the environment. The exposure and presence of microplastic particles in food and drink is being increasingly investigated. Packing beer in aluminum cans ensures the durability of the product in terms of sensory and physico-chemical terms, but the various polymer coatings used in the production of cans can be sources of microplastic particles. The aim of this work is to investigate the presence of microplastic particles and chemicals associated with these particles in beer using FT-IR technology. Today's microplastic detection technology relies on semi-quantitative analysis using Fourier transform infrared spectroscopy. The transmittance (T) of the natural sample is analyzed using Attenuated Total Reflectance (ATR), and the frequency response of the sample is used to search databases of reference chemical compounds with the aim of finding the best matches. Chemicals associated with plastic microparticles will be determined in the same samples, which will be analyzed using GC-MS. The analysis will be performed on beers produced and packaged in the Republic of Croatia, and packaged in aluminum cans. Beer packaged in a glass bottle will be used as a control sample.

Key words: Microplastics, beer, aluminum cans, FT-IR.

Thesis contains: 63 pages
48 figures
48 tables
18 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|---|---------------|
| 1. <i>Vinko Krstanović</i> , PhD, full prof. | chair person |
| 2. <i>Kristina Mastanjević</i> , PhD, assistant prof. | supervisor |
| 3. <i>Vlatko Galić</i> , PhD, sci. assoc. | co-supervisor |
| 4. <i>Krunoslav Aladić</i> , PhD, assist. prof. | stand-in |

Defense date: 15th September 2023.

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

Iskreno se zahvaljujem ,

mentorici izv. prof. dr. sc. Kristini Mastanjević na nesebičnoj pomoći, savjetima podrške i ukazanom povjerenju prilikom izrade i pisanja diplomskog rada.

Zatim se zahvaljujem gospođi Snježani Keleković, dipl. ing. na iznimnoj susretljivosti i pomoći prilikom odrađivanja praktičnog dijela ovog diplomskog rada.

I na kraju najveće zahvale mome tati koji mi je bio najveća podrška i oslonac tijekom cjelokupnog studiranja, bez čije ljubavi, truda i zalaganja sve ovo dosad postignuto ne bi imalo smisla i ne bi bilo moguće.

Sadržaj

| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 4 |
| 2.1. MIKROPLASTIKA | 5 |
| 2.1.1. <i>Podjela mikroplastike</i> | 6 |
| 2.1.2. SVOJSTVA MIKROPLASTIKE | 7 |
| 2.1.3. <i>Prisutnost mikroplastike u okolišu</i> | 8 |
| 2.1.4. <i>Utjecaj mikroplastike na živi svijet</i> | 9 |
| 2.2. PIVO | 10 |
| 2.3. PAKIRANJE PIVA | 12 |
| 2.3.1. <i>Zahtjevi za pakiranje piva</i> | 13 |
| 2.3.2. <i>Aluminijske limenke za pakiranje piva</i> | 14 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO | 16 |
| 3.1. ZADATAK RADA | 17 |
| 3.2. MATERIJALI I METODE | 17 |
| 3.2.1. <i>Materijali</i> | 17 |
| 3.2.2. <i>Metode</i> | 19 |
| 4. REZULTATI | 23 |
| 5. RASPRAVA | 55 |
| 6. ZAKLJUČCI | 59 |
| 7. LITERATURA | 61 |

Popis oznaka, kratica i simbola

| | |
|-------|---|
| FT-IR | engl. Fourier Transform Infrared Spectroscopy |
| PE | polietilen |
| PET | polietilen-tereftalat |
| PS | polistiren |
| HDPE | polietilen visoke gustoće |
| LDPE | polietilen niske gustoće |
| PVC | polivinilklorid |
| PP | polipropilen |
| PA | najlon |
| CA | celulozni acetat |
| PU | poliuretan |
| SBR | stiren- butadienska guma |
| PCB | poliklorirani bifenili |
| DDT | diklor-difenil-trikloretan |
| NP | nanofenoli |
| PAU | policiklički aromatski ugljikovodici |

1. UVOD

Plastika se pod utjecajem vjetrova, sunca i valova razgrađuje na manje fragmente nazvane mikroplastika, a ti fragmenti se nakupljaju u okolišu. Općenito, mikroplastika nije toksična za organizme, ali produljena izloženost može dovesti do toksičnosti zbog prisutnosti aditiva poput pigmenta, plastifikatora i dr. Mikroplastika također lako apsorbira različite organske onečišćujuće tvari. Prilično je raširena i može se pronaći u oceanima, na obalama i u unutrašnjosti. Često je prenose vjetrovi s različitih izvora i na kraju se taloži na tlu, onečišćujući izvore vode. Prisutnost mikroplastike utječe na sve tri komponente okoliša (tlo, zrak i voda) i štetno utječe na ljudsko zdravlje. Životinje također unose mikroplastiku putem hrane, što može biti smrtonosno. Iako je plastika postala sastavni dio svakodnevnog života, šanse za unošenje mikroplastike hranom u ljudi su manje u usporedbi s unosom čestica s odjeće, ambalaže, građevinskih materijala i kuhinjskih aparata. (Nerland i sur., 2014; Prata, 2018).

Pivo se rangira kao peto najkonzumiranije piće u svijetu te se sastoji od vode, pivskog kvasca, hmelja i ječma. Osim staklene ambalaže, često se pakira u metalne (alumijske) i plastične spremnike. Trenutno se često koriste alumijske limenke kao oblik metalne ambalaže za pivo koje imaju unutarnje premaze kako bi se spriječio kontakt aluminija s pivom, budući da aluminij može imati štetne učinke po sensoriku proizvoda, ali i ljudsko zdravlje. Limenke od aluminija imaju nekoliko prednosti, a to su: lagana masa, izdržljivost, mogućnost slaganja, brzo hlađenja i lakše recikliranje. Nedostatci limenki uključuju veće troškove nepovratne ambalaže, nepraktičnost za izravnu konzumaciju i potencijalno onečišćenje okoliša. Što se tiče migracije aluminija, ona je minimalna u materijalima s zaštitnim premazima. Zbog premaza, u pivu pakiranom u alumijske limenke su pronađene i čestice mikroplastike. Kod materijala bez takvih premaza, migracija ovisi o pH vrijednosti samog prehrambenog proizvoda. (Robertson, 1993; Marić, 2009).

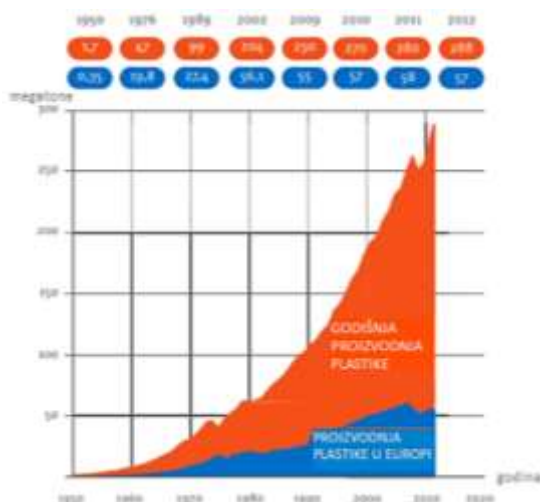
Ukratko, čestice mikroplastike se nalaze posvuda u hrani, piću i okolišu te znanstvenici sve više obraćaju pažnju na proučavanje moguće izloženosti i pojavljivanja čestica mikroplastike u hrani i piću. Iako pakiranje piva u alumijske limenke pomaže u očuvanju kvalitete proizvoda u smislu senzorskih i fizikalno-kemijskih svojstava, važno je napomenuti

da polimerni premazi koji se koriste u proizvodnji limenki mogu doprinijeti prisutnosti čestica mikroplastike.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. MIKROPLASTIKA

Plastika je generički izraz za polimere koje proizvodi čovjek. Proces dobivanja plastike provodi se polimerizacijom monomera iz ulja ili plina, a također i iz ugljena, prirodnih plinova, celuloze ili lateksa. U kemijski sastav plastike najviše se ubrajaju ugljikovodici, ali i aditivi kao što su primjerice punila, pigmenti, stabilizatori, antioksidansi i usporivači gorenja. Aditivi se dodaju kako bi plastika dobila određena željena svojstva. Najznačajnije vrste polimernih materijala su: polietilen-tereftalat (PET), polietilen (PE), polietilen visoke gustoće (HDPE), polietilen niske gustoće (LDPE), polivinilklorid (PVC), polipropilen (PP), polistiren (PS), najlon (PA) te celulozni acetat (CA). Nadalje, neka od osnovnih svojstava polimera su: kemijska (degradacija, topljivost, gorivost, barijerna svojstva), mehanička (čvrstoća, istezanje, tvrdoća), fizikalna (temperatura taljenja, gustoća, viskoznost), optička (transparentnost) i električna vodljivost. Zahvaljujući brojnim prednostima, proizvodnja plastike je u posljednjih 60 godina značajno porasla te još uvijek raste. Njezina godišnja proizvodnja iznosi oko 300 milijuna tona i prikazana je na **Slici 1**. Iako se plastika gotovo nikako ne razgrađuje ona podliježe djelovanju okolišnih čimbenika. Pod utjecajem vjetra, sunca i valova dolazi do degradacije plastike na sitnije fragmente, odnosno na tzv. mikroplastiku prilikom čega se kao takva akumulira u okolišu. Europska agencija za sigurnost hrane (eng. European Food Safety Authority, EFSA) definirala je mikroplastiku kao heterogenu mješavinu polimernih materijala koji mogu biti različitih oblika, fragmenti, vlakna, peleti, film, pahuljice ili kuglice u rasponu od 0,1 do 5,0 μm . (Nerland i sur., 2014).



Slika 1. Ukupna godišnja proizvodnja plastike ne uključujući PET, PA i poliakrilna vlakna (Nerland i sur., 2014.).

2.1.1. Podjela mikroplastike

Dakle, plastične čestice čiji je promjer manji od 5 mm pripadaju mikroplastici. Prvi puta su se pojavile tijekom sedamdesetih godina prošlog stoljeća, a mogu dospjeti u okoliš direktno ili razaranjem većih plastičnih komada. Mikroplastika koja dopijeva u okoliš direktno (koja je primarni izvor) je proizvedena u svojoj konačnoj veličini za različite potrebe kozmetičke industrije (npr. zubne paste). S druge strane, veliki komadi plastike s vremenom postaju krhki i stari zbog utjecaja okolišnih čimbenika poput UV zračenja, valova i drugih abiotičkih faktora te se razore na veličinu promjera 5 mm (mikroplastika koja predstavlja sekundarni izvor). Postoji i treća kategorija mikroplastike, tzv. industrijska plastika koja obuhvaća pelete sastavljene od smole i veličine 1 mm koji se koriste kao prekursori u procesu proizvodnje same plastike. (Ivar do Sul i Costa, 2013; Curley i sur., 1996).

Gledano po obliku, najčešći tipovi mikroplastike u okolišu su sfere (kuglice), peleti, pahuljice, nepravilni fragmenti i vlakna (Slika 2). Od navedenih tipova najzastupljenija su plastična vlakna, a zatim granule i filmovi (odnosno tanke prevlake). Još jedna podjela čestica mikroplastike je po boji iz razloga što se mogu pojaviti u različitim bojama: crvena, bijela, prozirna, plava, zelena, crna, ljubičasta, žuta i smeđa. (Nerland i sur., 2014).



Slika 2. Vrste mikroplastike (Izvor: Barletta i sur. 2019)

2.1.2. Svojstva mikroplastike

Ako se pogleda kemijski sastav plastike, ona predstavlja složenu smjesu monomera i aditiva koji služe kao sirovine za njezinu proizvodnju. Kemijski sastojci za termoplastične proizvode uključuju PE, PP, PS i PVC. PET, poliuretan (PU) i stiren-butadienska guma (SBR) se dodaju kao aditivi u termoreaktivnim proizvodima. (Zhang i sur., 2019). Plastika se također može razlikovati po gustoći, a najgušće vrste plastike su PET i PVC.

Općenito gledano, mikroplastika nije toksična za organizam, ali do trovanja dolazi nakon dugotrajne izloženosti mikroplastici zbog prisutnosti određenih aditiva kao što su pigmenti, plastifikatori, stabilizatori i dr. (Sun i sur., 2019.). Osim toga, moguće je izlučivanje navedenih plastičnih aditiva kao što su trajne organske onečišćujuće tvari i potencijalno toksični elementi jer se akumuliraju na mikroplastici, a time se povećava njihov toksični učinak.

Mikroplastika također ima specifična fizikalna i kemijska svojstva koja se mijenjaju zbog izloženosti zračenju i oksidaciji koji dovode do degradacije polimera. Također, mikroplastika je po sastavu manje gustoće od vode, ali prilikom izloženosti vodenoj sredini na njoj se nakupljaju različiti mikroorganizmi i stvaraju biofilm koji dovodi do povećanja gustoće te posljedično

tonjenja i taloženja na morskom dnu. Velika aktivna površina mikroplastike predstavlja jedan od nekoliko razloga zašto se na njoj se talože teški metali te patogene i organske tvari koje povećavaju njezinu toksičnost. (Barletta i sur., 2019.).

Drugim riječima, jedno od svojstava mikroplastike jest hidrofobnost koja dovodi do toga da se na nju lako vežu različita organska onečišćivala kao što su poliklorirani bifenili (PCB), diklor-difenil-trikloretan (DDT), nanofenoli (NP), policiklički aromatski ugljikovodici (PAU), dioksini i furani te teški metali kao što su olovo, kadmij, arsen i formaldehid. Osim gustoće, njezina veličina čini je također i dobrim adsorberom tako da je njena površina pogodna za adsorpciju primjerice biofilma. Uzimajući to u obzir, mikroplastika također može biti vektor štetnih mikroorganizma u hranidbenom lancu. Dokazano je da jačina adsorpcije ovisi o sastavu plastičnog materijala što rezultira time da polimeri HDPE, LDPE i PP akumuliraju veće količine organskih spojeva od PET-a ili PVC-a. Osim toga, jačina adsorpcije ovisi i o veličini i boji plastičnih čestica. (Barletta i sur., 2019.).

2.1.3. Prisutnost mikroplastike u okolišu

Mikroplastika je sveprisutna i nalazi se u oceanima, na obalama i u unutrašnjosti. Najčešće je donesena vjetrom iz različitih izvora i tako sedimentira na tlo, odakle završava u vodonosnicima te u krajnjem slučaju onečišćuje vodu za piće. Put mikroplastike u okolišu je međusobno povezan sa sve tri sastavnice i u svakoj od njih se pronalaze štetni utjecaji. (Welden, 2019.).

U vodenim ekosustavima mikroplastika se nalazi u svim dijelovima stupca vode i predstavlja najveći problem. Zbog svoje strukture polimeri imaju specifičnu gustoću koja je manja od gustoće vode što dovodi do plutanja plastike i mikroplastike na površini vode. Međutim, površinu mikroplastike mogu kolonizirati organizmi (npr. alge) i tako povećati težinu čestica, odnosno promijeniti gustoću, a samim time smanjiti uzgon što omogućuje potapanje. Nadalje, koncentracija mikroplastike u oceanima ovisi o periodu u kojem je uzorkovana te je u konačnici kao zbroj djelovanja obalnih vjetrova, kolonizacije čestica mikroplastike i utjecaja uzgona, točna raspodjela mikroplastike u vodenom stupcu još uvijek nepoznata. Mikroplastika iz kozmetičkih proizvoda, proizvoda za čišćenje i sl., a najvećim dijelom iz perilica za rublje koje

ispuštaju mikrovlakna, završava u otpadnim komunalnim vodama. Mikrovlakna dolaze iz sintetičkih tkanina od kojih se proizvodi velik dio odjeće. Nadalje, čestice mikroplastike prolaze kroz filtre na UPOV-ima te one direktnim ispuštanjem obrađene vode ili korištenjem otpadnog mulja završavaju u rijekama ili tlu odakle putuju u ostale sastavnice okoliša. Značajne količine mikroplastike nalaze se u vodenim vrstama koje su namijenjene za ljudsku prehranu čime mikroplastika putem hranidbenog lanca može završiti u ljudskom organizmu. Mikroplastika se nalazi u različitim prehrambenim proizvodima i pićima (morski plodovi, pivo, med, šećer, sol i voda za piće). (Welden, 2019.).

Što se tiče mikroplastike u tlu, ona može dospjeti na plažu pomoću vjetra, izravnim odbacivanjem plastičnog otpada i ispuštanjem iz UPOV-a. Velike količine mikroplastike nalaze se u estuarijima koji se nalaze u blizini industrijskih postrojenja gdje dolazi do miješanja slatkovodnih i morskih voda. Čestice koje se nađu na plaži podvrgnute su visokim temperaturama, pri čemu čestice tamnije boje privlače još više sunčevog zračenja te površine pješčanih plaža zajedno s takvim česticama mogu doseći temperaturu do 40 °C tijekom ljeta. Sljedeći izvor mikroplastike u tlu je poljoprivreda jer mikroplastika može biti ispuštena uslijed degradacije direktno iz stakleničkih materijala i folija te iz otpadnog mulja, vode za navodnjavanje i biokrutina te gnojiva. (Welden, 2019.).

Neki od izvora mikroplastike koja kruži zrakom su: sintetička tkanina, trošenje guma, gradska prašina, građevinski materijali, emisije iz industrije, promet, itd. Širenje mikroplastike zrakom ovisi o vertikalnom gradijentu koncentracije onečišćivala, brzini i smjeru vjetra, precipitaciji i temperaturi. (Prata, 2018.).

2.1.4. Utjecaj mikroplastike na živi svijet

Postoji više puteva unosa mikroplastike u životinjski organizam, a to su kontakt s onečišćenim sedimentima, disanjem ili unosom hrane. Mikroplastika može biti unesena direktno ili putem organizma koji je već kontaminiran mikroplastikom. Povećanjem količine mikroplastike u okolišu, sve više organizama je ugroženo od unosa i mogućeg štetnog utjecaja. Mikroplastika može kružiti hranidbenim lancem od plijena do predatora. Izlaganje česticama mikroplastike putem zraka može utjecati na zdravlje i funkcioniranje organizma ili čestice ostaju inertne sve

dok organizam ne uquine, a zatim se plastika opet vraća u okoliš. (Welden, 2019) Nadalje, životinje neselektivno zamjenjuju hranu s mikroplastikom te na taj način unose velike količine mikroplastike koje mogu biti smrtonosne. Mikroplastika se nakuplja u crijevima, uzrokuje lažnu zasićenost i dolazi do smanjenja apetita, a samim time i hranjenja. Nakupljena plastika također može adsorbirati hranjive tvari u probavnom sustavu koje su potrebne organizmu za normalno funkcioniranje. (Prata, 2018.).

Kako je plastika postala sastavni dio života ljudi, mogućnost unosa mikroplastike putem hrane manja je u usporedbi s unošenjem čestica putem odjeće, ambalaže, građevinskih materijala i preko kuhinjskih aparata. Unesene čestice mikroplastike mogu sedimentirati u respiratornim organima te izazvati intersticijske bolesti pluća i kronični bronhitis. Ukoliko se mikroplastika unosi dulji period, moguće su promjena na kromosomima, neplodnost, pretilost i pojava tumora. Aditivi koji poboljšavaju svojstva plastike oštećuju živčani sustav, uzrokuju endokrine poremećaje, oštećenja testisa i imuniteta te imaju kancerogen utjecaj na jetru i bubrege. Čestice nanoplastike mogu prijeći krvno-moždanu barijeru, visoko-selektivnu propusnu barijeru neophodnu za neuronsko funkcioniranje i ključnu za održavanje potrebne homeostaze i zaštitu mozga od toksina. (Prata, 2018.).

2.2. PIVO

Pivo je peto najčešće konzumirano piće u svijetu, iza čaja, kave, mlijeka i gaziranih pića. Ono je proizvod koji se sastoji od vode, pivskog kvasca, hmelja i ječma. Osnovu za preradu i proizvodnju kvalitetnih vrsta piva predstavlja kvaliteta sirovine i poznavanje njenih fizikalnih i kemijskih karakteristika te utjecaj na tehnološke procese. (Šakić, 2005.).

Osnovna sirovina za proizvodnju slada je pivski ječam. U svijetu su poznate dvije vrste ječma, a to su zimski ječam (ozima) i ljetni ječam (jara). Pivski kvasac je živi mikroorganizam koja razlaže šećere iz slada u alkohol etanol i ugljikov dioksid. Osim što pivo služi kao osvježavajući napitak, bogato je ugljikohidratima, vitaminima i mineralima (Tablica 1.). (Šakić, 2005.).

Tablica 1. Sadržaj minerala i vitamina u pivu (Šakić, 2005.).

| Sadržaj mineralnih tvari u pivu | | Sadržaj vitamina u pivu | |
|---------------------------------|------------|-------------------------|--------|
| mg/L | | mg/L | |
| Natrij | 44 | Vitamin A | 0,004 |
| Kalcij | 35 | Vitamin D | 0,001 |
| Magnezij | 96 | Vitamin E | 0,070 |
| Ukupni fosfor | 319 | Tiamin B1 | 0,029 |
| Sulfati | 167 | Riboflavin B2 | 0,335 |
| Kloridi | 174 | Niacin B3 | 7,773 |
| Kalij | 554 | Pantotenska kiselina B5 | 1,490 |
| Silikati | 106 | Piridoksin B6 | 0,619 |
| Nitrati | 22 | Cijanokobalamin B12 | 0,0008 |
| Bakar | 0,10 | Folna kiselina B9 | 0,080 |
| Željezo | 0,11 | Vitamin H (Biotin) | 0,012 |
| Mangan | 0,06 | Kolin | 160 |

Pivo se može podijeliti u kategorije prema sirovinama, boji, težinskom dijelu ekstrakta, volumnom udjelu alkohola te prema vrsti kvasca. Pivo se prema sirovinama može podijeliti na ječmeno sladno pivo, raženo pivo te pšenično pivo, prema boji na svijetla, tamna i crna piva, a prema težinskom dijelu ekstrakta na slaba (6-8 %), standardna (10-12 %) i jaka piva (preko 15 %). Nadalje, prema volumnom udjelu alkohola postoje bezalkoholna (do 0,5 %),

standardna (preko 3,5 %) i jaka piva (preko 5 %), a prema vrsti kvasca postoje piva donjeg i piva gornjeg vrenja. (Šakić, 2005.).

2.3. PAKIRANJE PIVA

Ambalaža je sredstvo koje skladišti robu (proizvod) i štiti je od vanjskih utjecaja do uporabe. Za pakiranje piva se pored staklene ambalaže također upotrebljavaju metalna (aluminijaska) te plastična ambalaža.

Tradicionalna i ujedno najčešća ambalaža za pakiranje piva je staklena boca zatvorena zatvaračem, nakon čega slijedi pasterizacija piva u boci nakon zatvaranja te je to jedan od najčešćih načina osiguravanja mikrobiološke stabilnosti. Cilj je zagrijati pivo na dovoljno visoku temperaturu i održavati ga na toj razini tijekom određenog vremenskog razdoblja kako bi se uništili svi mikroorganizmi koji mogu uzrokovati kvarenje. Pivarska industrija je razvila vlastitu mjeru učinkovitosti pasterizacije koristeći pasterizacijske jedinice (PU). Jedna PU predstavlja zadržavanje piva na temperaturi od 60°C tijekom jedne minute. Otprilike 10 PU smatra se dovoljnim za adekvatno tretiranje većine pivskih boca. Čep, izrađen od bijelog lima, uključuje materijal s kompresibilnom podstavom i tijekom vremena je mijenjao svoj sastav, konstruirajući se od kombinacija čvrstog pluta, plastike i aluminijaska folije. Danas je uporaba pluta neuobičajena, a većina čepova je obložena polivinil-kloridom (PVC) ili ponekad polietilenom visoke gustoće (HDPE). Dodavanje aluminijaska folije poboljšava njegova barijerna svojstva. (Robertson, 1993.).

Prvo uspješno pakiranje piva u metalnu ambalažu provedeno je 1933. u Newarku, gdje je proizvedeno 2.000 limenki direktno za tržište. Do kraja 1935., otprilike 36 američkih pivovara prešlo je na konzervirano pivo. Glavni izazov s limenkama za pakiranje piva je sprječavanje migracije metalnih iona iz pocinčanog čelika. Prisutnost metalnih iona rezultira neželjenim metalnim okusom i mutnoćom. Na početku su se koristili premazi, ali tek oko 1960. razvijena je epoksi-fenolna smola koja učinkovito sprječava otpuštanje metalnih iona (Robertson, 1993).

Upotreba premaza poli(vinil klorid)/poli(viniliden) kopolimera za pakiranje piva u plastične boce od polietilen tereftalata (PET) započela je početkom 1980-ih u Velikoj Britaniji, ali tada

nije bila široko prihvaćena u pivovarama drugih europskih zemalja. Međutim, tijekom 1990-ih sve je veći trend korištenja plastične ambalaže. Premaz ima za cilj osigurati prihvatljivu barijeru za kisik, spriječiti gubitak okusa piva i smanjiti propusnost ugljičnog dioksida iz boce. (Robertson, 1993.).

2.3.1. Zahtjevi za pakiranje piva

Kreiranje ambalaže je složen proces koji zahtijeva suradnju stručnjaka iz različitih područja. Prema definiciji, ambalaža mora učinkovito smjestiti određeni sadržaj i osigurati njegovu zaštitu tijekom cijelog ciklusa, od trenutka pakiranja, preko transporta, skladištenja, pa sve do korištenja od strane potrošača. Osim svoje zaštitne uloge, ambalaža ima i druge funkcije koje uključuju olakšavanje skladištenja i transporta, poboljšanje prodaje, povećanje uporabnosti te olakšavanje komunikacije. (Vujković i sur., 2007.).

Zahvaljujući svojoj kiselosti, odnosno pH vrijednošću oko 4, pivo je samo po sebi dovoljno zaštićeno od mikrobiološkog kvarenja. Eliminacija nekultiviranih kvasaca, koji bi inače mogli napredovati u rastu i razvoju, postiže se primjenom pasterizacije i sterilnog hladnog filtriranja. Međutim, tijekom razdoblja skladištenja pivo može proći nepovratne transformacije kao što su pojava mutnoće, razvoj okusa i povećanje intenziteta boje.

Glavni faktori koji pridonose kvarenju piva i promjenama su povišene razine kisika i izloženost svjetlosti. Posebno, oksidacija linolne kiseline predstavlja ključnu kemijsku reakciju koja dovodi do nastanka spojeva odgovornih za okus sličan kartonu. Kada je u kombinaciji sa svjetlošću i određenim metalnim ionima, dolazi do ubrzanog gubitka okusa. (Robertson, 1993.).

Tijekom procesa fermentacije, kisik prisutan u pivu se troši, što rezultira smanjenjem razine kisika na približno 40-50 dijelova po milijardu (ppb) prije pakiranja. Međutim, u fazi pakiranja pivo dolazi u dodir sa atmosferskim kisikom, što dovodi do razine kisika koja se kreće od 250-500 ppb, što je ekvivalentno 0,1-0,2 mililitara kisika u boci ili limenci od 350 mililitara. Stoga, rok trajanja piva obuhvaća razdoblje od 80 do 120 dana tijekom kojeg se mogu dogoditi promjene u okusu i boji. Već nakon 30 dana od pakiranja, primjetna je razlika između svježeg

upakiranog piva i piva koje je upakirano 30 dana prije. Pivari nastoje brzo smanjiti razinu kisika u pivu na manje od 50 ppb nakon pakiranja i održavati je na toj razini što je duže moguće. (Robertson, 1993).

2.3.2. Aluminijske limenke za pakiranje piva

Trenutačno se najčešće koriste limenke od aluminijske kao oblik metalne ambalaže za pakiranje piva (Slika 3.). Takve limenke imaju unutarnji premaz kako bi se spriječio kontakt aluminijske s pivom zbog njegove štetnosti. Limenke se sastoje od dva dijela - tijela i poklopca - i dizajnirane su da izdrže unutarnji tlak od 6,2 bara. Debljina stjenki im je 0,09 mm, a dostupne su u volumenima od 0,25, 0,33 ili 0,50 litara. Nakon punjenja, pivo u limenkama prolazi proces pasterizacije, što rezultira prepoznatljivim pasterizacijskim okusom ili okusom sličnim kruhu. Međutim, ako se pivo u limenkama skladišti dulje vrijeme, može razviti okus koji podsjeća na kupus, što dovodi do smanjenja voćnog okusa i aromatičnih svojstava (Marić, 2009).



Slika 3. Pivo u limenci (Laurence, 2015.).

Limenke imaju nekoliko prednosti, uključujući to što su lagane, izdržljive, pružaju mogućnost slaganja jedna na drugu, brzo hlađenje nakon pasterizacije i prije konzumacije, jednostavniju reciklažu u usporedbi sa staklenim bocama te pogodnost za transport i skladištenje. S druge

strane, postoje i neki nedostaci povezani s limenkama, poput više cijene nepovratne ambalaže, nepraktičnosti za izravnu konzumaciju i moguće onečišćenje okoliša. Osim toga, u pivu pakiranom u aluminijske limenke su pronađene i čestice mikroplastike. (Bogdanović i sur., 2022.).

Što se tiče migracije aluminija, ona je minimalna u materijalima s zaštitnim premazom, dok ovisi o pH vrijednosti samog prehrambenog proizvoda u materijalima koji nemaju takav premaz. Kiseli proizvodi obično pokazuju izraženiju migraciju aluminija. Dodatno, aluminij se može koristiti kao aditiv u obliku aluminijevih soli (emulgatori, zgušnjivači, sredstva za rahljenje) radi poboljšanja trajnosti, svježine i organoleptičkih svojstava.

Upotreba aluminija je raširena u pivarskoj industriji, gdje se koristi za proizvodnju filtera, fermentora i ambalaže poput limenki. Aluminij može dospjeti u pivo iz samih sirovina, a njegova koncentracija raste tijekom proizvodnog procesa. Koncentracija aluminija u svijetlom pivu pakiranom u aluminijsku limenku pri temperaturi od 4°C obično iznosi od 170 do 360 µg/L, ali može se povećati do 520 µg/L pri temperaturi od 22°C. (Halambek i sur., 2016.).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK RADA

Zadatak ovog diplomskog rada bio je istražiti prisutnost čestica mikroplastike i kemikalija povezanih sa tim česticama u 9 vrsta piva proizvedenih i pakiranih u Republici Hrvatskoj (RH), a pakiranog u aluminijske limenke. Analiza se provela koristeći tehnologiju FT-IR spektroskopije. U prvom dijelu zadatka određivana je prisutnost čestica mikroplastika iz filtrata piva, u drugom dijelu zadatka korišteni filter papir se podrgnuo FT-IR analizi te su se u trećem dijelu zadatka pomoću FT-IR-a analizirale i aluminijske limenke piva.

Prisutnost polimernih čestica mikroplastike u uzorcima (filtratima piva, filter papirima i dijelovima aluminijskih limenki) određene je pomoću infracrvenog spektrometra Perkin Elmer Spectrum IR.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Materijali

Pribor

- Pinceta
- Petrijeve zdjelice s poklopcima
- Laboratorijske čaše
- Stakleni lijevci
- Laboratorijski stalci
- Laboratorijski prsteni
- Filter papir
- Marker za označavanje
- Skalpel

Uzorci piva

1. Svjetlo lager pivo, pasterizirano – Uzorak 1
2. Svjetlo Lager pivo, pasterizirano – Uzorak 2
3. Keller Helles, nefiltrirani lager – Uzorak 3
4. Svijetli pils – Uzorak 4
5. Svijetlo lager pivo, pasterizirano – Uzorak 5
6. Svjetlo lager pivo, pasterizirano – Uzorak 6
7. Ale/Lager, rezano pasterizirano – Uzorak 7
8. Svjetlo lager pivo, pasterizirano – Uzorak 8
9. Svjetlo lager pivo, pasterizirano – Uzorak 9



Slika 4. Uzorci piva za analizu (Izvor: autor).

3.2.2. Metode

3.2.2.1. Priprema uzoraka

Pripremljeno je i korišteno tri vrste uzoraka za svaki od 9 uzoraka piva. Vanjska kontaminacija je spriječena na način da je laboratorijsko posuđe isprano metanolom prije početka filtracije. Prvo su svi uzorci piva filtrirani pomoću lijevka i filter papira u laboratorijske čaše (Slika 5.). Nakon provedene filtracije koja je trajala 20-30 minuta, ocijeđeni filter papiri su izuzeti za svaku vrstu piva te pomoću pincete prenijeti u prethodno sterilizirane Petrijeve zdjelice naznačene odgovarajućim rednim brojem uzorka piva (Slika 6.). Na kraju su pomoću skalpela izrezani komadići limenki za svaki uzorak piva (tijelo limenke i poklopac) (Slika 6.).



Slika 5. Filtracija uzoraka piva u laboratorijskim uvjetima (Izvor: autor).



Slika 6. Pripremljeni uzorci za analizu sa ocijeđenim filter papirom, tijelom i poklopcem limenke (Izvor: autor).

3.2.2.2. Analiza uzoraka pomoću FT-IR spektroskopije

Upotrijebljena tehnika za analizu filtriranog piva, natopljenog filter papira i izrezanih aluminijskih limenki piva naziva se FT-IR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*), a uređaj koji se pri tome koristio je infracrveni spektrometar Spectrum One Perkin-Elmer (Slika 7.). Ovaj spektrometar ima mogućnost analize čvrstih, tekućih i plinovitih uzoraka korištenjem odgovarajućih dodataka u osnovnoj konfiguraciji. Prije nego što je počela analiza izvor svjetlosti (kristal) na FT-IR uređaju je prebrisan metanolom. Korišten je jedan čisti filter papir koji je sterilnom pincetom stavljen na izvor svjetlosti te se na taj način snimio spektar pozadine. Uzorci su podvrgnuti analizi koja koristi FT-IR tehniku, što uključuje njihovo postavljanje na ravan ZnSe kristal pod kutem pada zrake od 45° . Spektralni raspon obuhvaćao je valne duljine od 4000 do 650 cm^{-1} s rezolucijom od 4 cm^{-1} . Svaki uzorak je podvrgnut spektroskopskoj analizi deset puta, a dobiveni spektri predstavljaju njihovu prosječnu vrijednost.

Uzorci su se sterilnom pincetom stavljali na izvor svjetlosti (ZnSe) te su se pomoću poluge pričvrstili čime je osiguran dobar kontakt uzorka i kristala. Nakon što je snimanje završeno

popuštena je poluga i uzorak se uklonio. Nakon svakog uzorka prebrisan je izvor svjetlosti metanolom (Sigma-Aldrich, Darmstadt, Germany) HPLC čistoće 99,9%. Mjerenja su realizirana u ventiliranoj prostoriji na temperaturi od 25 °C. Uključena je značajka kompenzacije atmosferske pare stroja da bi se kontrolirale promjene u atmosferskim razinama CO₂ i H₂O.

IR spektri su snimljeni pomoću računalnog programa Perkin Elmer Spectrum One. Nakon pokretanja programa, snimljen je spektar pozadine koji je instrument automatski oduzeo od spektra uzorka. Ravni uzorak je postavljen na ZnSe kristal, a dobar kontakt između uzorka i kristala osiguran je pomoću poluge za primjenu sile (Slika 8.). Odabrani su radni parametri, te su snimljeni spektri uzoraka. Dobiveni spektri su zatim analizirani korištenjem istog računalnog programa. Postupak se može sažeti na sljedeći način:

1. Računalo se uključi, a zatim FTIR spektrometar. Pokrene se program i snimi spektar pozadine.
2. Unese se oznaka uzorka i eventualne napomene, zajedno s željenim rasponom valnih brojeva (4000 do 650 cm⁻¹), spektralnom rezolucijom od 4 cm⁻¹ i brojem snimanja (10 puta) u izborniku.
3. Pažljivo se očiste sakupljeni polimerni materijali, budući da FT-IR tehnika posebno analizira površinski sloj uzorka.
4. Uzorak se postavi na ZnSe kristal i osigura se dobar kontakt između uzorka i kristala pomoću poluge za primjenu sile.
5. Nakon završetka snimanja, pritisak se otpusti i uzorak ukloni.



Slika 7. FTIR spektrometar Spectrum One Perkin-Elmer (Izvor: autor).



Slika 8. Osiguravanje kontakta između uzorka (natopljeni filter papir) i kristala (Izvor: autor).

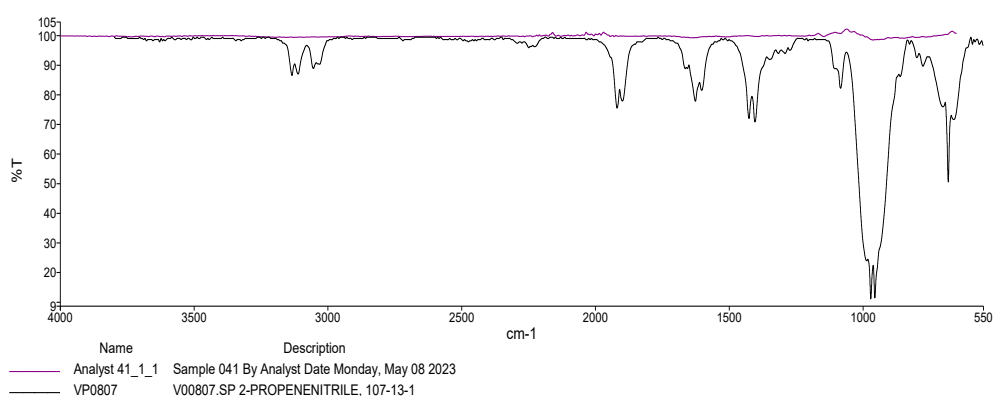
4. REZULTATI

Tablica 2. Rezultati analize (Uzorak 1) pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postotkom podudaranja.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Celuloza | 0,919315 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze ph102.sp Genfarma 00f231-12593 | 0,868779 |
| Pamuk – spektar UATR-a | 0,865531 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze ph101.sp | 0,846817 |
| Clozapine kapsule | 0,839729 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze | 0,82637 |
| P0954.sp Polietilenimin celuloza, 9032-36-4 | 0,817968 |
| Celuloza.sp | 0,806332 |
| P0429.sp celuloza, prosječna vel. čestica 50 mikrona, 9004-34-6 | 0,791752 |
| P0352.sp KimWipes | 0,788222 |

Tablica 3. Rezultati druge i treće analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 1, Clozapine kapsule, pomoću FTIR uređaja.

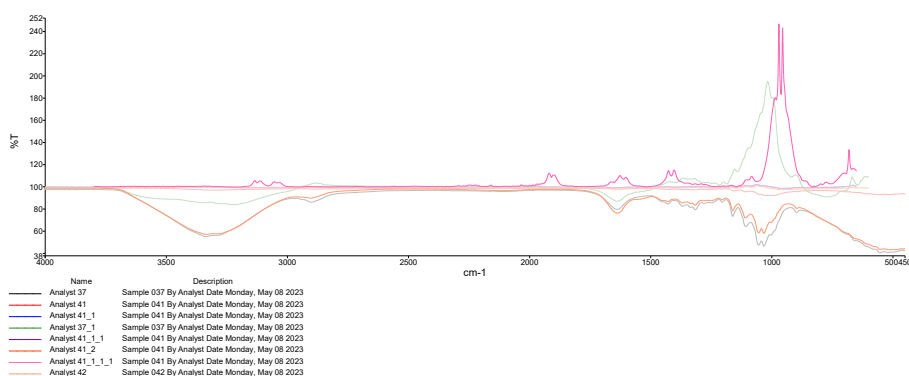
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|-------------------------------------|-----------------|
| Prirodni pamuk | 0,699307 |
| Clozapine kapsule | 0,650183 |
| Celuloza.sp | 0,625944 |
| Metil celuloza | 0,624936 |
| Rayon | 0,616983 |
| V00807.SP 2-propenenitril, 107-13-1 | 0,603312 |



Slika 9. FT-IR spektar propilen- nitrila.

Tablica 4. Rezultati analize (Uzorak 2) pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postotkom podudarnosti.

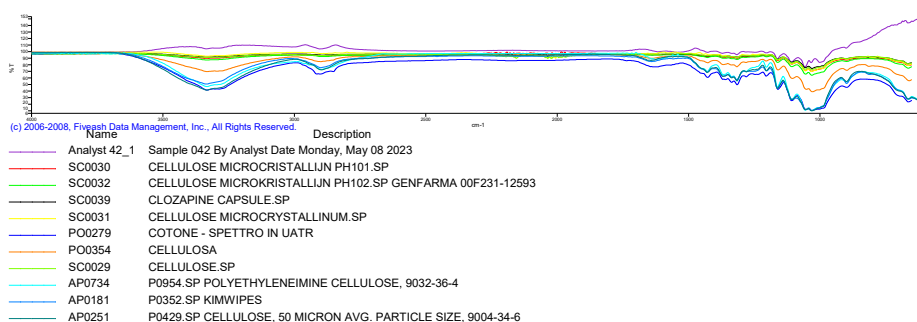
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| P0420.sp polietilenimin, 80 % etoksiliran; osnovni polimer; 39,87 % čvst | 0,802208 |
| Crveno topolovo drvo - spektar UATR-a | 0,801956 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH101.SP | 0,800736 |
| O0657.SP dekil glukozid, 41444-55-7 | 0,800499 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH102.SP Genfarma 00F231-12593 | 0,789959 |
| Celuloza.sp | 0,788122 |
| H243.SP Neutrogena, krema | 0,78489 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze | 0,784055 |
| P0429.sp celuloza, prosječna vel. čestica 50 mikrona, 9004-34-6 | 0,782602 |



Slika 10. FT-IR spektar (Uzorak 2).

Tablica 5. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 2.

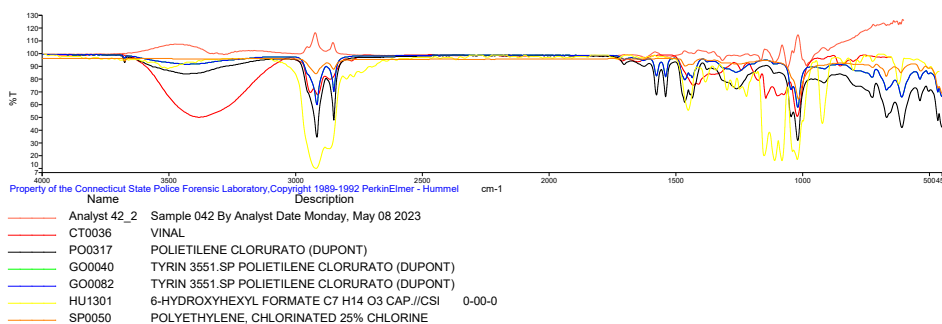
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH101.sp | 0,689497 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH102.SP Genfarma 00F231-12593 | 0,686963 |
| Clozapine kapsule | 0,680056 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze | 0,676325 |
| Pamuk – spektar UATR-a | 0,671323 |
| Celuloza | 0,668628 |
| Celuloza.sp | 0,667382 |
| P0954.sp Polietilenimin celuloza, 9032-36-4 | 0,665622 |
| P0352.SP KimWipes | 0,662415 |
| P0429.sp celuloza, prosječna vel. čestica 50 mikrona, 9004-34-6 | 0,660339 |



Slika 11. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 2.

Tablica 6. Rezultati treće analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u O0657.SP dekil glukozidu 41444-55-7, pomoću FTIR uređaja.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Vinil | 0,678102 |
| Polietilen kloruriran (DuPont) | 0.642238 |
| Tyrin 3551.SP Polietilen kloruriran (DuPont) | 0,641629 |
| 6-hidroksiheksilov format C7 H14 O3 KAP.//CSI 0-00-0 | 0.625861 |
| Polietilen, klorirani - 25% klor | 0,610056 |



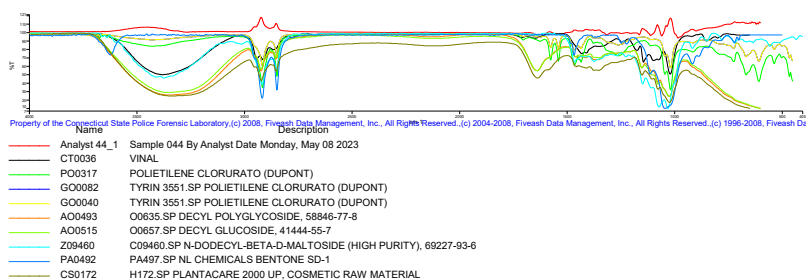
Slika 12. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u O0657.SP dekil glukozidu 41444-55-7, P0954.sp, polietilenimin celuloze 9032-36-4.

Tablica 7. Rezultati analize (Uzorak 3) pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| H336.SP Studio Line Anti-Frizz, gel za kosu | 0,828852 |
| P0420.sp polietilenimin, 80 % etoksiliran; osnovni polimer; 39,87 % čvst | 0,81976 |
| H548.SP Parexyl, pasta za zube | 0,800098 |
| H555.SP Sensodyne, pasta za zube | 0,792511 |
| O0657.SP dekil glukozid, 41444-55-7 | 0,788206 |
| O0635.SP dekil poliglikozid, 58846-77-8 | 0,786203 |
| H243.SP Neutrogena, krema | 0,776158 |
| H546.SP Odol perlicka, pasta za zube | 0,775218 |
| H028.SP Camill, losion za tijelo | 0,768451 |
| H545.SP Odol, pasta za zube | 0,768368 |

Tablica 8. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 3, O0635.SP dekil poliglikozida 58846-77-8, pomoću FTIR uređaja.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Vinil | 0,701775 |
| Polietilen kloruriran (DuPont) | 0,698602 |
| Tyrin 3551.SP Polietilen kloruriran (DuPont) | 0,698464 |
| O0635.SP Dekil poliglikozid, 58846-77-8 | 0,689909 |
| O0657.SP dekil glukozid, 41444-55-7 | 0,679962 |
| C09460.SP N-dodecil-beta-D-maltozid (visoka čistoća), 69227-93-6 | 0,673585 |
| PA497.SP NL Chemicals Bentone SD-1 | 0,661386 |
| H172.SP Plantacare 2000 UP, kozmetička sirovina | 0,65079 |



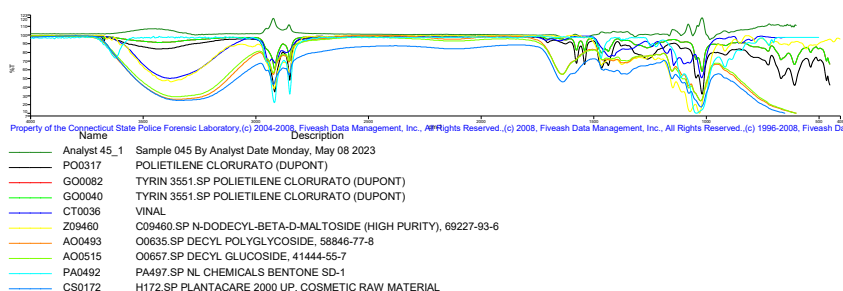
Slika 13. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 3, O0635.SP dekil poliglikozida 58846-77-8.

Tablica 9. Rezultati analize (Uzorak 4) pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| H336.SP Studio Line Anti-Frizz, gel za kosu | 0,829363 |
| P0420.sp polietilenimin, 80 % etoksiliran; osnovni polimer; 39,87 % čvst | 0,824051 |
| O0635.SP dekil poliglikozid, 58846-77-8 | 0,789698 |
| O0657.SP dekil glukozid, 41444-55-7 | 0,788682 |
| H548.SP Parexyl, pasta za zube | 0,788384 |
| H555.SP Sensodyne, pasta za zube | 0,780764 |
| H028.SP Camill, losion za tijelo | 0,772515 |
| H299.SP Pantenol voda za lice, losion za lice | 0,77172 |
| H172.SP Plantacare 2000 UP, kozmetička sirovina | 0,768694 |
| H243.SP Neutrogena, krema | 0,766631 |

Tablica 10. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 4, O0635.SP dekil poliglikozida 58846-77-8, pomoću FTIR uređaja.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Polietilen kloruriran (DuPont) | 0,698264 |
| Tyrin 3551.SP Polietilen kloruriran (DuPont) | 0,698118 |
| Vinil | 0,697327 |
| C09460.SP N-dodecil-beta-D-maltozid (visoka čistoća), 69227-93-6 | 0,683239 |
| O0635.SP dekil poliglikozid, 58846-77-8 | 0,677741 |
| O0657.SP dekil glukozid, 41444-55-7 | 0,671304 |
| PA497.SP NL Chemicals Bentone SD-1 | 0,659977 |
| H172.SP Plantacare 2000 UP, kozmetička sirovina | 0,63769 |



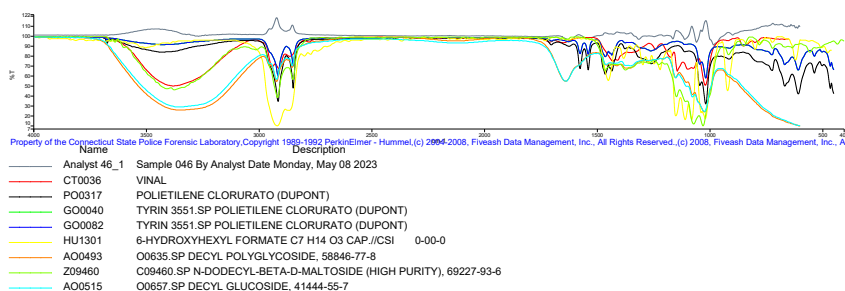
Slika 14. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 4, O0635.SP dekil poliglukoziida 58846-77-8.

Tablica 11. Rezultati analize (Uzorak 5) pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| P0420.sp polietilenimin, 80 % etoksiliran; osnovni polimer; 39,87 % čvst | 0,802135 |
| H336.SP Studio Line Anti-Frizz, gel za kosu | 0,800227 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH101.SP | 0,782916 |
| Crveno topolovo drvo - spektar UATR-a | 0,779677 |
| O0635.SP dekil poliglukoziid, 58846-77-8 | 0,779568 |
| O0657.SP dekil glukozid, 41444-55-7 | 0,778624 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH102.SP Genfarma 00F231-12593 | 0,775219 |
| Celuloza | 0,771089 |
| H548.SP Parexyl, pasta za zube | 0,782602 |
| H243.SP Neutrogena, krema | 0,768191 |

Tablica 12. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 5, O0635.SP dekil poliglukoziida 58846-77-8, pomoću FTIR uređaja.

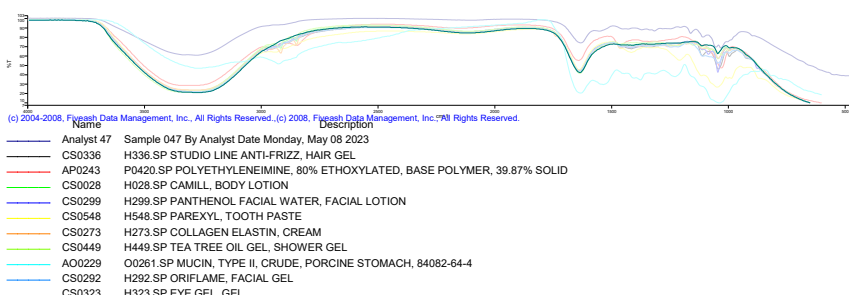
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Vinil | 0,682649 |
| Polietilen kloruriran (DuPont) | 0,65633 |
| Tyrin 3551.SP Polietilen kloruriran (DuPont) | 0,656137 |
| 6-hidroksiheksilov format C7 H14 O3 KAP.//CSI 0-00-0 | 0,636401 |
| O0635.SP dekil poliglukoziid, 58846-77-8 | 0,632467 |
| C09460.SP N-dodecil-beta-D-maltozid (visoka čistoća), 69227-93-6 | 0,629789 |
| O0657.SP dekil glukozid, 41444-55-7 | 0,62606 |



Slika 15. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 6, O0635.SP dekil poliglikozida 58846-77-8.

Tablica 13. Rezultati analize (Uzorak 6) pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

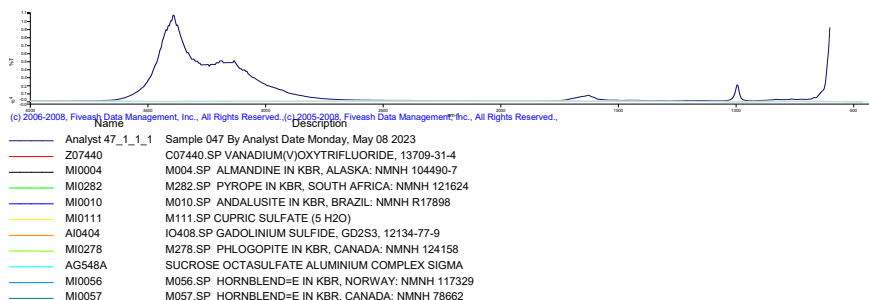
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| H336.SP Studio Line Anti-Frizz, gel za kosu | 0,853633 |
| P0420.sp polietilenimin, 80 % etoksiliran; osnovni polimer; 39,87 % čvst | 0,825111 |
| H028.SP Camill, losion za tijelo | 0,818418 |
| H299.SP Pantenol voda za lice, losion za lice | 0,805617 |
| H548.SP Parexyl, pasta za zube | 0,805168 |
| H273.SP Kolagen elastin, krema | 0,802089 |
| H449.SP Gel s čajevcem, gel za tuširanje | 0,801442 |
| O0261.SP Mukin tip II, sirovi svinjski želudac, 84082-64-4 | 0,792681 |
| H292.SP Oriflame, gel za lice | 0,792417 |
| H323.SP Gel za oči | 0,790988 |



Slika 16. FT-IR spektar (Uzorak 6).

Tablica 14. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 6, P0420.sp polietilenimina 80 % etoksiliranog; osnovni polimer; 39,87 % čvstog, pomoću FTIR uređaja.

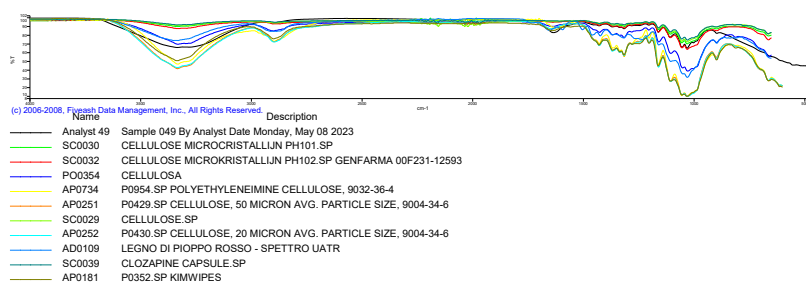
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| C07440.SP Vanadijev (V) oksitrifluorid, 13709-31-4 | 0,999682 |
| M004.SP Almandin u KBR-u, Aljaska: NMNH 104490-7 | 0,961681 |
| M282.SP Pirop u KBR-u, Južna Afrika: NMNH 121624 | 0,952653 |
| M010.SP Andaluzit u KBR-u, Brazil: NMNH R17898 | 0,950842 |
| M111.SP Bakrov (II) sulfat pentahidrat | 0,945869 |
| IO408.SP Gadolinijski sulfid, GD2S3, 12134-77-9 | 0,930912 |
| M278.SP Flogopit u KBR-u, Kanada: NMNH 124158 | 0,929432 |
| Kompleks aluminijskog sulfata sa sukroza oktasulfatom, Sigma | 0,928451 |
| M056.SP Hornblenda u KBR-u, Norveška: NMNH 117329 | 0,928054 |
| M057.SP Hornblenda u KBR-u, Kanada: NMNH 78662 | 0,927912 |



Slika 17. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 6.

Tablica 15. Rezultati analize (Uzorak 7) pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudaranja.

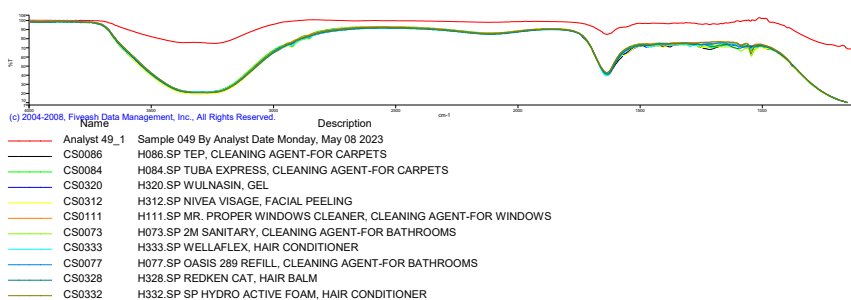
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH101.sp | 0,858893 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH102.SP Genfarma 00F231-12593 | 0,856271 |
| Celuloza | 0,854092 |
| P0954.sp Polietilenimin celuloza, 9032-36-4 | 0,842823 |
| P0429.sp celuloza, prosječna vel. čestica 50 mikrona, 9004-34-6 | 0,839393 |
| Celuloza.sp | 0,839095 |
| P0430.sp celuloza, prosječna vel. čestica 20 mikrona, 9004-34-6 | 0,835732 |
| Crveno topolovo drvo - spektar UATR-a | 0,835694 |
| Clozapine kapsule | 0,835651 |
| P0352.SP KimWipes | 0,835329 |



Slika 18. FT-IR spektar (Uzorak 7).

Tablica 16. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 7.

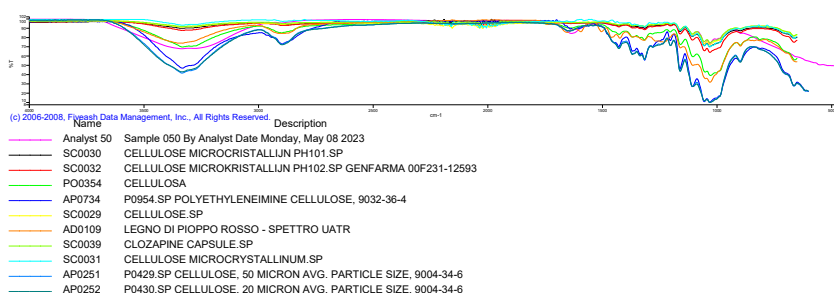
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| H086.SP TEP, sredstvo za čišćenje tepiha | 0,872558 |
| H084.SP Tuba Express, sredstvo za čišćenje tepiha | 0.868593 |
| H320.SP Wulnasin, gel | 0.867231 |
| H312.SP Nivea Visage, piling za lice | 0.866732 |
| H111.SP Mr. Proper Windows Cleaner, sredstvo za čišćenje prozora | 0.861848 |
| H073.SP 2m Sanitary, sredstvo za čišćenje kupaonica | 0.861462 |
| H333.SP WellaFlex, regenerator za kosu | 0.860366 |
| H077.SP Oasis 289 Refill, sredstvo za čišćenje kupaonica | 0.859666 |
| H328.SP Redken Cat, balzam za kosu | 0.859469 |
| H332.SP Sp Hydro Active Foam, regenerator za kosu | 0.857598 |



Slika 19. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 7.

Tablica 17. Rezultati analize (Uzorak 8) sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH101.sp | 0,799609 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH102.SP Genfarma 00F231-12593 | 0,796169 |
| Celuloza | 0,795477 |
| P0954.sp Polietilenimin celuloza, 9032-36-4 | 0,781573 |
| Celuloza.sp | 0,779259 |
| Crveno topolovo drvo - spektar UATR-a | 0,777922 |
| Clozapine kapsule | 0,775315 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze | 0,77375 |
| P0429.sp celuloza, prosječna vel. čestica 50 mikrona, 9004-34-6 | 0,772029 |
| P0430.sp celuloza, prosječna vel. čestica 20 mikrona, 9004-34-6 | 0,768229 |



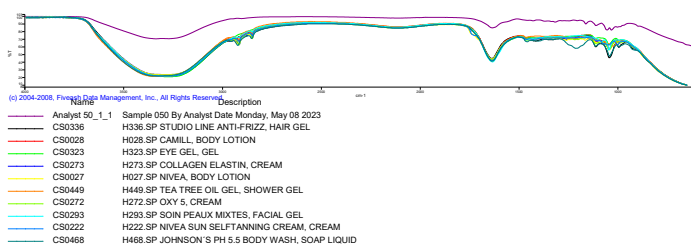
Slika 20. FT-IR spektar (Uzorak 8).

Tablica 18. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 8.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Mikrokristalna zrnca celuloze ph102.sp Genfarma 00f231-12593 | 0,828921 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze ph101.sp | 0,818215 |
| Clozapine kapsule | 0,813909 |
| Celuloza | 0,806741 |
| Celuloza.sp | 0,800755 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze | 0,786886 |
| P0954.sp Polietilenimin celuloza, 9032-36-4 | 0,745615 |
| P0429.sp celuloza, prosječna vel. čestica 50 mikrona, 9004-34-6 | 0,71878 |
| P0352.sp KimWipes | 0,714754 |
| Pamuk – spektar UATR-a | 0,707893 |

Tablica 19. Rezultati treće analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u P0954.sp Polietilenimin celulozi.

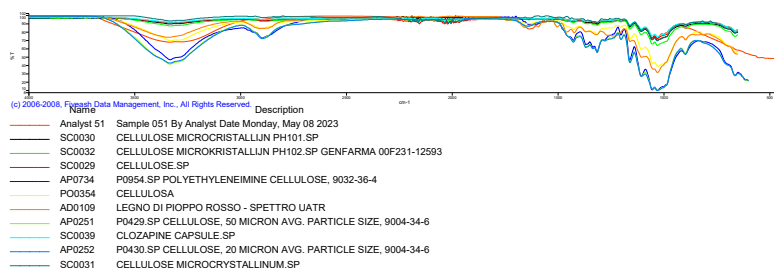
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| H336.SP Studio Line Anti-Frizz, gel za kosu | 0,830082 |
| H028.SP Camill, losion za tijelo | 0,809869 |
| H323.SP Gel za oči | 0,787549 |
| H273.SP Kolagen elastin, krema | 0,785572 |
| H027.SP Nivea losion za tijelo | 0,785401 |
| H449.SP Gel s čajevcem, gel za tuširanje | 0,784489 |
| H272.SP Oxy 5 krema | 0,782206 |
| H293.Sp Soin Peaux Mixtes, gel za lice | 0,781346 |
| H222.SP Nivea Sun, krema za samopotamnivanje | 0,777822 |
| H468.Sp Johnson'S Ph 5.5, sapun za tijelo | 0,775777 |



Slika 21. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u P0954.sp Polietilenimin celulozi.

Tablica 20. Rezultati analize (Uzorak 9) pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

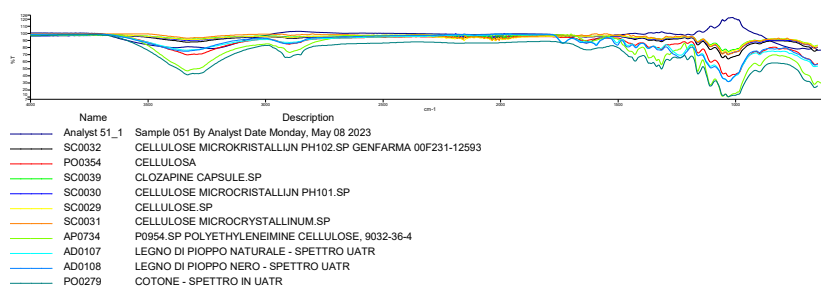
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH101.sp | 0,803587 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH102.SP Genfarma 00F231-12593 | 0,796242 |
| Celuloza.sp | 0,787854 |
| P0954.sp Polietilenimin celuloza, 9032-36-4 | 0,785487 |
| Celuloza | 0,782489 |
| Crveno topolovo drvo - spektar UATR-a | 0,782148 |
| P0429.sp celuloza, prosječna vel. čestica 50 mikrona, 9004-34-6 | 0,780384 |
| Clozapine kapsule | 0,778155 |
| P0430.sp celuloza, prosječna vel. čestica 20 mikrona, 9004-34-6 | 0,778023 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze | 0,777591 |



Slika 22. FT-IR spektar Uzorak 9.

Tablica 21. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 9.

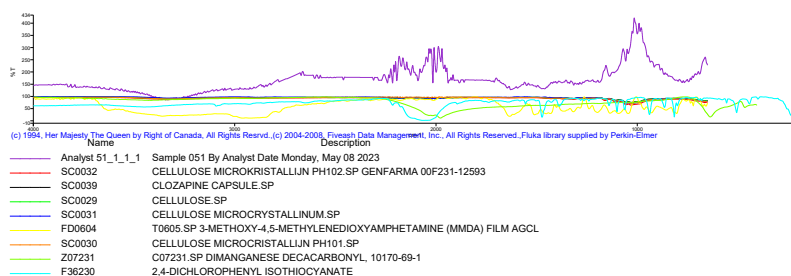
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Mikrokristalna zrnca celuloze ph102.sp Genfarma 00f231-12593 | 0,738115 |
| Celuloza | 0,731057 |
| Clozapine kapsule | 0,722426 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH101.sp | 0,721232 |
| Celuloza.sp | 0,700534 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze | 0,692746 |
| P0954.sp Polietilenimin celuloza, 9032-36-4 | 0,635151 |
| Drvo oraha - spektar UATR-a | 0,62107 |
| Drvo crne topole - spektar UATR-a | 0,615194 |
| Pamuk – spektar UATR-a | 0,613848 |



Slika 23. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u Uzorak 9.

Tablica 22. Rezultati treće analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u P0954.sp Polietilenimin celulozi.

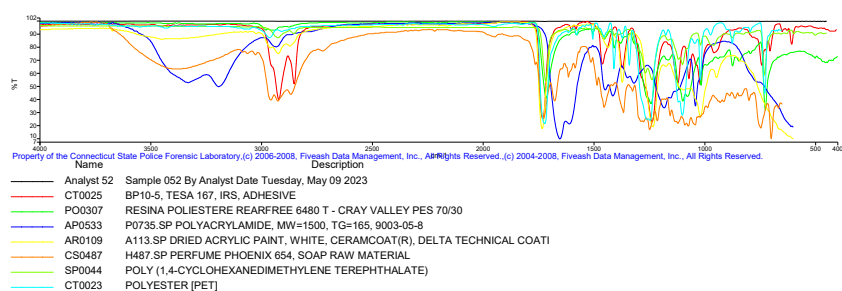
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Mikrokristalna zrnca celuloze ph102.sp Genfarma 00f231-12593 | 0,483014 |
| Clozapine kapsule | 0,450531 |
| Celuloza.sp | 0,440269 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze | 0,437428 |
| T0605.sp 3-metoksi-4,5-metilendioksifenetilamin (mmda) film AgCl | 0,406618 |
| Mikrokristalna zrnca celuloze PH101.sp | 0,398107 |
| C07231.sp dimangan dekarbonil, 10170-69-1 | 0,390043 |
| 2,4-diklorofenil izotiocijanat | 0.374622 |



Slika 24. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u P0954.sp Polietilenimin celulozi.

Tablica 23. Rezultati analize gornjeg dijela unutrašnjosti limenke (Uzorak 1) sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

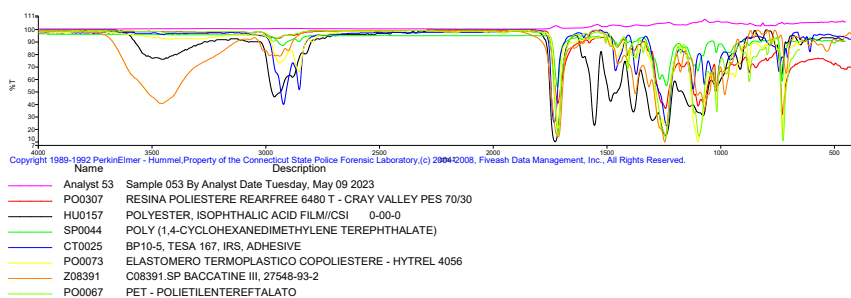
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| BP10-5, Tesa 167 IRS, adheziv | 0,582008 |
| Resina poliestera rearfree 6480T - Cray Valley PES 70/30 | 0,554458 |
| P0735.SP poliakrilamid, MW=1500, TG=165, 9003-05-8 | 0,538009 |
| A113.SP osušena bijela akrilna boja, Ceramcoat(R), Delta Technical Coati | 0,534363 |
| H487.SP parfem Phoenix 654, sirovina za sapun | 0,534228 |
| Poli (1,4-cikloheksan-dimetilen tereftalat) | 0,529706 |
| Poliester [PET] | 0,528268 |



Slika 25. FT-IR spektar gornjeg dijela unutrašnjosti limenke (Uzorak 1).

Tablica 24. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u gornjem dijelu unutrašnjosti limenke Uzorak 1.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Resina poliestera rearfree 6480T - Cray Valley PES 70/30 | 0,654416 |
| Poliester, film s izofatnom kiselinom//CSI 0-00-0 | 0,627715 |
| Poli (1,4-cikloheksan-dimetilen tereftalat) | 0,621107 |
| BP10-5, Tesa 167 IRS, adheziv | 0,596497 |
| Elastomer termoplastični kopoliester - Hytrel 4056 | 0,591508 |
| C08391.SP Bakatin III, 27548-93-2 | 0,591494 |
| PET - polietilentereftalat | 0,587318 |



Slika 26. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u gornjem dijelu unutrašnjosti limenke (Uzorak 1).

Tablica 25. Rezultati analize gornjeg dijela vanjske strane limenke (Uzorak 1) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

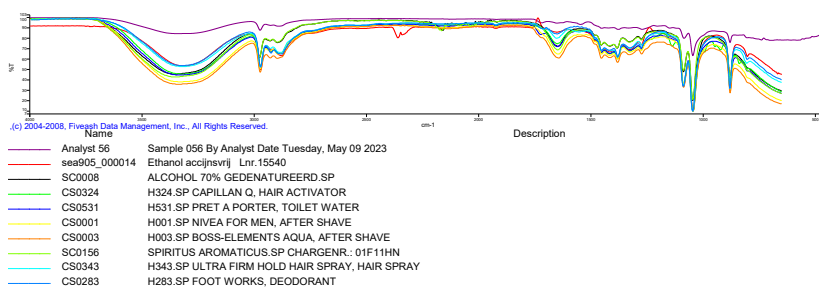
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Resina epoksida solida eew 750 | |
| Fenoksi smola | |
| C09015.SP gama-(4-fluorofenil)-gama-butilakton, 51787-96-3 | |
| C04679.SP bisfenol a dimetileter, 1568-83-8 | |
| P0510.SP fenoksi smola, MW=60000, TG=100, 25068-38-6 | |
| P0283.SP fenoksi smola, MW=50000, TG=100, 25068-38-6 | |
| C03967.SP ciklopropil(4-fluorofenil)metanol, 827-88-3 | |
| Termootporna epoksidna smola | |

Tablica 26. Rezultati analize poklopca limenke (Uzorak 1.) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Alkohol 70% denaturiran.sp | 0,960046 |
| Aromatični spiritus.sp chargenr.: 01F11HN | 0,95375 |
| H531.sp Pret a Porter, toaletna vodica | 0,948943 |
| H001.SP Nivea za muškarce, aftershave | 0,947801 |
| Etanol oslobođen poreza Lnr.15540 | 0,947574 |
| H324.sp Capillan Q, aktivator kose | 0,94749 |
| H343.sp ultra jaki lak za kosu | 0,946562 |
| Etanol denaturiran | 0,946288 |
| H319.sp Pro-Vital, sprej za stopala | 0,944804 |

Tablica 27. Rezultati analize unutrašnje strane dna limenke (Uzorak 1) sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

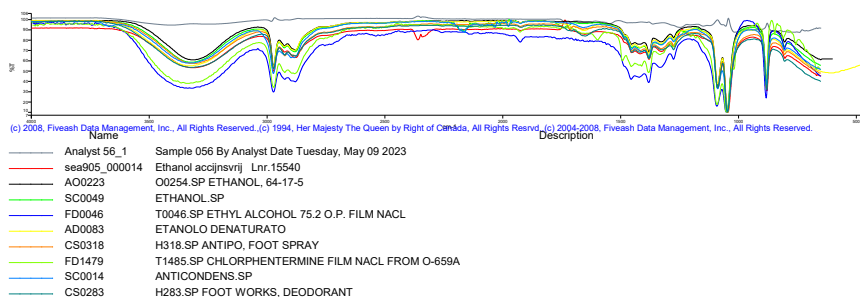
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Etanol oslobođen poreza Lnr.15540 | 0,935211 |
| Alkohol 70% denaturiran.sp | 0,926043 |
| H324.sp Capillan Q, aktivator kose | 0,911542 |
| H531.sp Pret a Porter, toaletna vodica | 0,910823 |
| H001.SP Nivea za muškarce, aftershave | 0,910294 |
| H003.SP Boss-Elements Aqua, aftershave | 0,901093 |
| Aromatični spiritus.sp chargenr.: 01F11HN | 0,900904 |
| H343.sp ultra jaki lak za kosu | 0,897726 |
| H283.SP Foot Works, dezodorans | 0,895202 |



Slika 27. FT-IR spektar unutrašnje strane dna limenke (Uzorak 1).

Tablica 28. Rezultati analize vanjske strane dna limenke (Uzorak 1) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

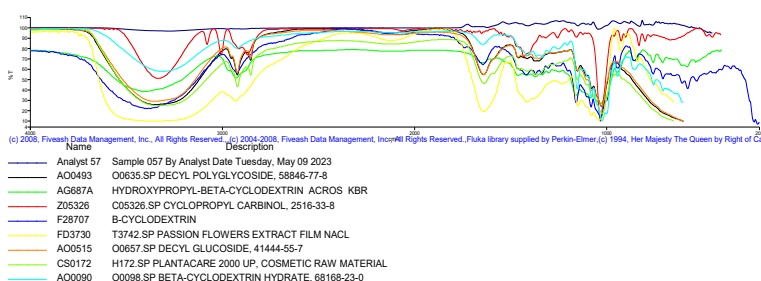
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Etanol oslobođen poreza Lnr.15540 | 0,787924 |
| O0254.sp etanol, 64-17-5 | 0,653904 |
| Etanol.sp | 0,646112 |
| T0046.sp etilni alkohol 75.2 O.P. film NaCl | 0,627652 |
| Etanol denaturiran | 0,608463 |
| H318.SP Antipo, sprej za stopala | 0,608267 |
| T1485.sp klorfentermin film NaCl iz O-659A | 0,601448 |
| antikondenzator.sp | 0,594993 |
| H283.SP Foot Works, dezodorans | 0,587722 |



Slika 28. FT-IR spektar vanjske strane dna limenke (Uzorak 1).

Tablica 29. Rezultati analize gornjeg dijela unutrašnjosti limenke (Uzorak 2) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

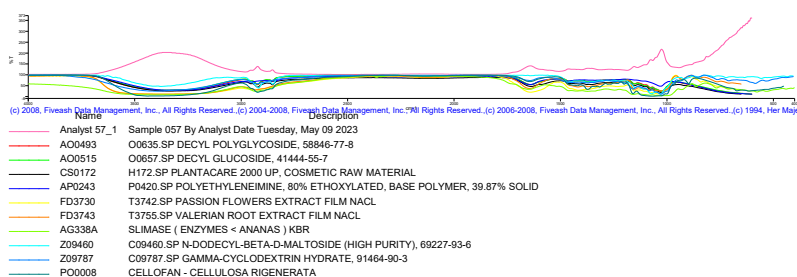
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| O0635.sp dekil poliglikozid, 58846-77-8 | 0.597303 |
| Hidroksietil-beta-ciklodekstrin Acros KBR | 0.590969 |
| C05326.sp ciklopropilol, 2516-33-8 | 0.587065 |
| Beta-ciklodekstrin | 0.582776 |
| T3742.sp ekstrakt pasiflora film NaCl | 0.577011 |
| o0657.sp decilov glikozid, 41444-55-7 | 0.576959 |
| H172.sp Plantacare 2000 up, kozmetička sirovina | 0.574705 |
| O0098.sp beta-ciklodekstrin hidrat 68168-23-0 | 0.574434 |



Slika 29. FT-IR spektar gornjeg dijela unutrašnjosti limenke (Uzorak 2).

Tablica 30. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u gornjem dijelu unutrašnjosti limenke (Uzorak 2).

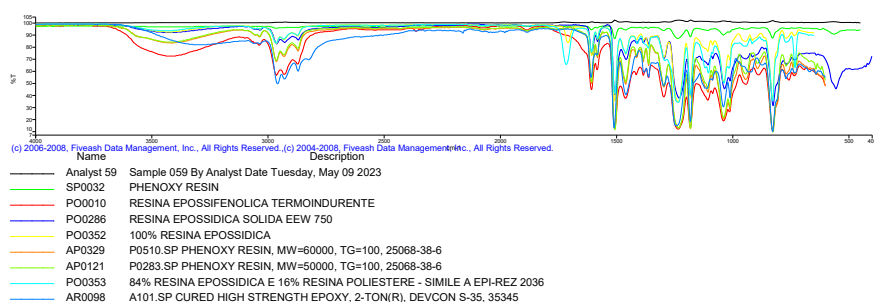
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| O0635.sp dekil poliglikozid, 58846-77-8 | 0,987892 |
| o0657.sp decilov glikozid, 41444-55-7 | 0,9865 |
| H172.sp Plantacare 2000 up, kozmetička sirovina | 0,97603 |
| P0420.sp polietilenimin, 80 % etoksiliran; osnovni polimer; 39,87 % čvst | 0,825019 |
| T3742.sp ekstrakt pasiflora film NaCl | 0,810088 |
| T3755.sp ekstrakt korijena valerijane film NaCl | 0,790977 |
| Slimase (enzimi < ananas) KBR | 0,788028 |
| C09460.SP N-dodecil-beta-D-maltozid (visoka čistoća), 69227-93-6 | 0,785237 |
| C09787.sp gama-ciklodekstrin hidrat, 91464-90-3 | 0,784564 |
| Celofan - regenerirana celuloza | 0,780461 |



Slika 30. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u gornjem dijelu unutrašnjosti limenke Uzorak 2.

Tablica 31. Rezultati analize gornjeg dijela vanjske strane limenke (Uzorak 2) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postotkom podudaranja.

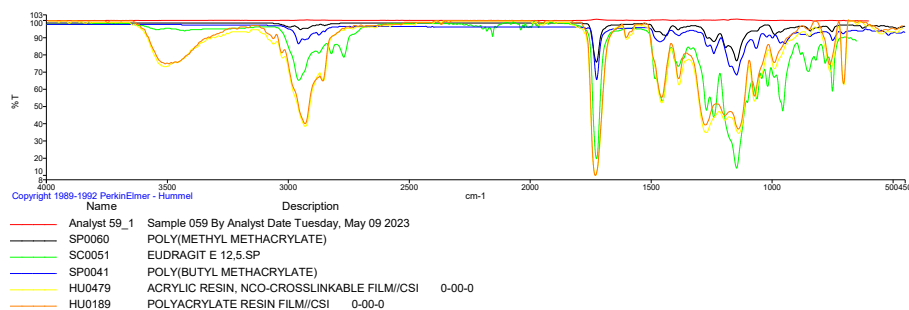
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Fenoksi smola | 0,931997 |
| Termootporna epoksidna smola | 0,917415 |
| Kruta epoksidna smola EEW 750 | 0,916793 |
| 100 % epoksidna smola | 0,913669 |
| P0510.SP fenoksi smola, MW=60000, TG=100, 25068-38-6 | 0,906067 |
| P0283.SP fenoksi smola, MW=50000, TG=100, 25068-38-6 | 0,899374 |
| 84% epoksidna smola i 16% poliesterska smola - slično EPI-REZ 2036 | 0,896105 |
| Visokočvrsta epoksidna smola, 2-ton(r), Devcon S-35, 35345 | 0,870987 |



Slika 31. FT-IR spektar gornjeg dijela vanjske strane limenke (Uzorak 2).

Tablica 32. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja u gornjem dijelu vanjske strane limenke Uzorak 2.

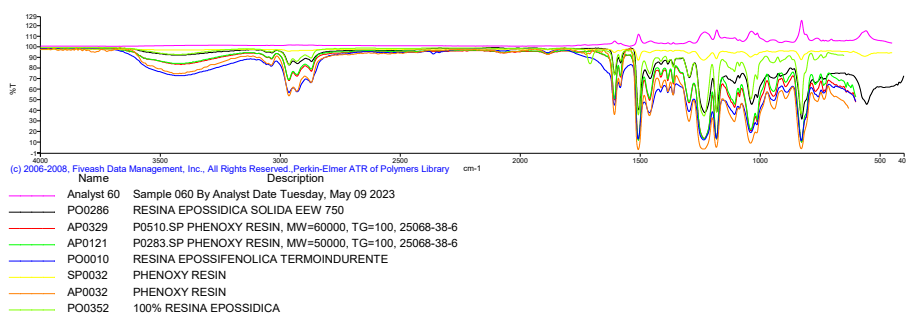
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Poli(metil metakrilat) | 0,743303 |
| Eudragit e 12,5.sp | 0,722624 |
| Poli(butil metakrilat) | 0,717814 |
| Akrilna smola, NCO-ukrupljiva film//CSI 0-00-0 | 0,715282 |
| Poliakrilatna smola film//CSI 0-00-0n 2 | 0,714169 |



Slika 32. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u gornjem dijelu vanjske strane limenke Uzorak 2.

Tablica 33. Rezultati analize unutrašnjeg dijela dna limenke (Uzorak 2) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudaranja.

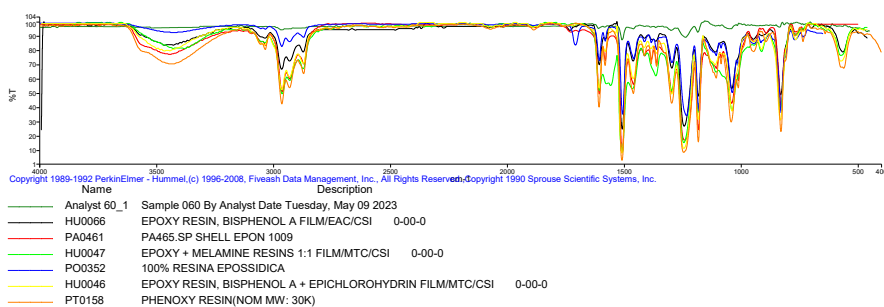
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Kruta epoksidna smola EEW 750 | 0,93698 |
| P0510.SP fenoksi smola, MW=60000, TG=100, 25068-38-6 | 0,923617 |
| P0283.SP fenoksi smola, MW=50000, TG=100, 25068-38-6 | 0,915397 |
| Termootporna epoksidna smola | 0,908588 |
| Fenoksi smola | 0,902373 |
| 100 % epoksidna smola | 0,867575 |



Slika 33. FT-IR spektar unutrašnjeg dijela dna limenke (Uzorak 2).

Tablica 34. Rezultati analize vanjskog dijela dna te vanjskog i unutarnjeg dijela poklopca limenke Uzorak 2. dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

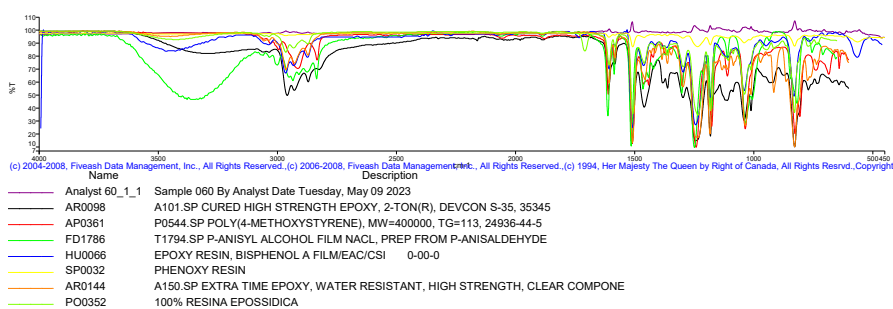
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Epoksidna smola, bisfenol A film/EAC/CSI 0-00-0 | 0,83133 |
| Pa465.sp shell epon 1009 | 0,810222 |
| Epoksidna + melaminska smola 1:1 film/MTC/CSI 0-00-0 | 0,805502 |
| 100 % epoksidna smola | 0,764845 |
| Epoksidna smola, bisfenol a + epichlorohidrin film/MTC/CSI 0-00-0 | 0,76397 |
| Fenoksilna smola (nom masa: 30k) | 0,760986 |



Slika 34. FT-IR spektar vanjskog dijela dna limenke (Uzorak 2).

Tablica 35. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u vanjskom dijelu dna limenke Uzorak 2.

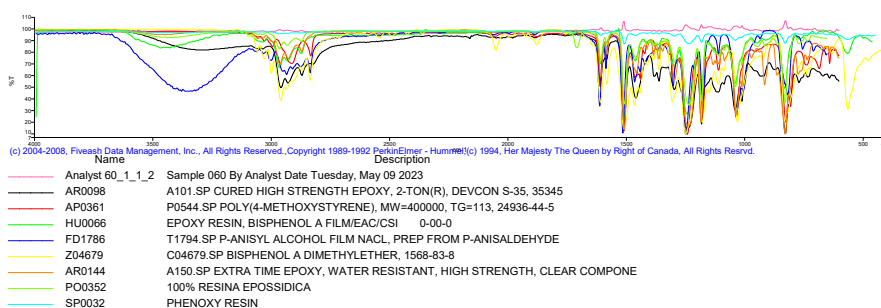
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Visokočvrsta epoksidna smola, 2-ton(r), Devcon S-35, 35345 | 0,789789 |
| P0544.SP poli(4-metoksistiren), masa=400000, TG=113, 24936-44-5 | 0,777093 |
| T1794.SP p-anizilni alkohol film NaCl, pripremljen od p-anizaldehida | 0,760048 |
| Epoksidna smola, bisfenol A film/EAC/CSI 0-00-0 | 0,757204 |
| Fenoksi smola | 0,754519 |
| A150.SP epoksidna smola s produženim vremenom sušenja, vodootporna, visoka čvrstoća, prozirna komponenta | 0,753412 |
| 100 % epoksidna smola | 0,752349 |



Slika 35. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja u vanjskom dijelu dna limenke (Uzorak 2).

Tablica 36. Rezultati analize vanjskog i unutarnjeg dijela poklopca te unutarnje strane gornjeg dijela limenke (Uzorak 3) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

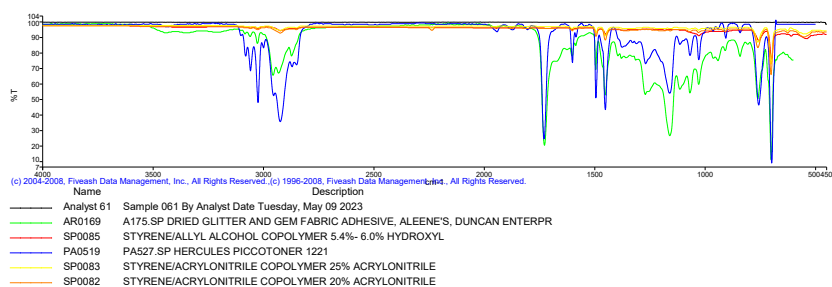
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Visokočvrsta epoksidna smola, 2-ton(r), Devcon S-35, 35345 | 0,789789 |
| P0544.SP poli(4-metoksistiren), masa=400000, TG=113, 24936-44-5 | 0,777093 |
| Epoksidna smola, bisfenol A film/EAC/CSI 0-00-0 | 0,765081 |
| T1794.SP p-anizilni alkohol film NaCl, pripravljen od p-anizaldehida | 0,760048 |
| C04679.SP bisfenol a dimetileter, 1568-83-8 | 0,758525 |
| A150.SP epoksidna smola s produženim vremenom sušenja, vodootporna, visoka čvrstoća, prozirna komponenta | 0,753412 |
| 100 % epoksidna smola | 0,752349 |
| Fenoksi smola | 0,750718 |



Slika 36. FT-IR spektar vanjskog i unutarnjeg dijela poklopca te unutarnje strane gornjeg dijela limenke (Uzorak 3).

Tablica 37. Rezultati analize vanjske strane gornjeg dijela limenke te unutarnje i vanjske strane dna limenke (Uzorak 3.) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

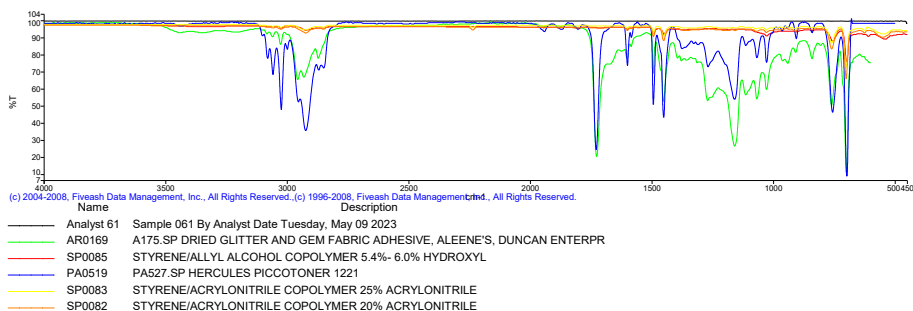
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| A175.SP Glitter ljepilo, Aleene's, Duncan Enterpr | 0,408223 |
| Stiren/alil alkohol kopolimer 5,4%- 6,0% hidroksil | 0,398116 |
| PA527.SP Hercules piccotoner 1221 | 0,397926 |
| Stiren/akrilonitril kopolimer 25% akrilonitril | 0,388174 |
| Stiren/akrilonitril kopolimer 20% akrilonitril | 0,387946 |



Slika 37. FT-IR spektar vanjske strane gornjeg dijela limenke te unutarnje i vanjske strane dna limenke (Uzorak 3).

Tablica 38. Rezultati analize unutarnje i vanjske strane poklopca limenke, unutrašnje i vanjske strane gornjeg i donjeg dijela limenke Uzorak 4., Uzorak 5. i Uzorak 6. dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

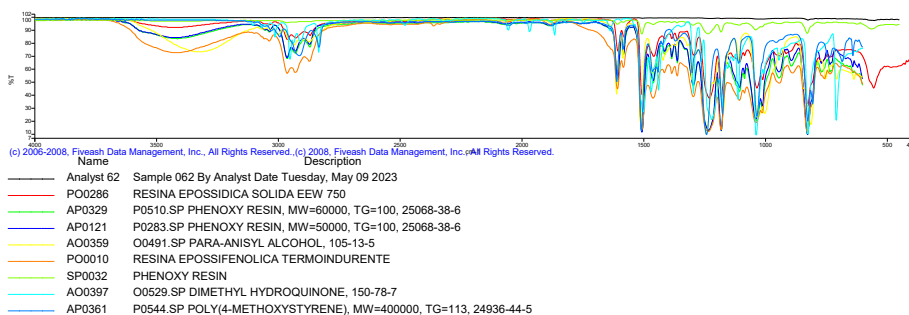
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| A175.SP Glitter ljepilo, Aleene's, Duncan Enterpr | 0,408223 |
| Stiren/alil alkohol kopolimer 5,4%- 6,0% hidroksil | 0,398116 |
| PA527.SP Hercules piccotoner 1221 | 0,397926 |
| Stiren/akrilonitril kopolimer 25% akrilonitril | 0,388174 |
| Stiren/akrilonitril kopolimer 20% akrilonitril | 0,387946 |



Slika 38. FT-IR spektar unutarnje i vanjske strane poklopca limenke, unutrašnje i vanjske strane gornjeg i donjeg dijela limenke Uzorak 4., Uzorak 5. i Uzorak 6.

Tablica 39. Rezultati analize unutrašnje strane poklopca limenke (Uzorak 7.) dobveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

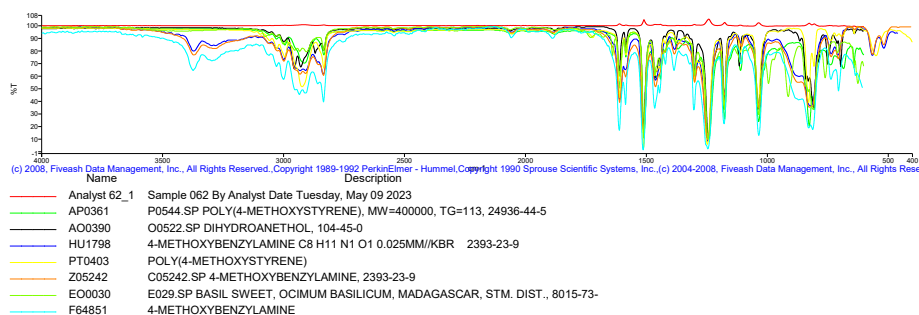
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Kruta epoksidna smola EEW 750 | 0,774231 |
| P0510.SP fenoksi smola, MW=60000, TG=100, 25068-38-6 | 0,730717 |
| P0283.SP fenoksi smola, MW=50000, TG=100, 25068-38-6 | 0,721853 |
| O0491.SP para-anizilni alkohol, 105-13-5 | 0,708477 |
| Termootporna epoksidna smola | 0,697267 |
| Fenoksi smola | 0,682106 |
| P0544.SP poli(4-metoksistiren), masa=400000, TG=113, 24936-44-5 | 0,676796 |



Slika 39. FT-IR spektar unutrašnje strane poklopca limenke (Uzorak 7.).

Tablica 40. Rezultati druge analize (pretraživanja) spoja s najvećim postotkom podudaranja s unutrašnje strane poklopca limenke Uzorak 7., P0544.SP poli(4-metoksistirena) masa=400000 TG=113 24936-44-5, dobiveni pomoću FTIR uređaja.

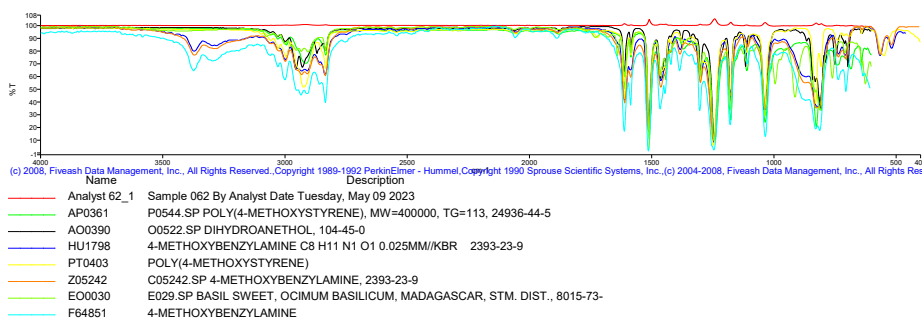
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| P0544.SP poli(4-metoksistiren), masa=400000, TG=113, 24936-44-5 | 0,978544 |
| O0522.sp dihidroanetol, 104-45-0 | 0,931797 |
| 4-metoksibenzilamin C8 H11 N1 O1 0.025MM//KBR 2393-23-9 | 0,907998 |
| Poli(4-metoksistiren) | 0,906067 |
| C05242.sp 4-metoksibenzilamin, 2393-23-9 | 0,902396 |
| E029.sp Slatki bosiljak, Ocimum Basilicum, Madagaskar, STM. DIST., 8015-73- | 0,881002 |
| 4-metoksibenzilamin | 0,869259 |



Slika 40. FT-IR spektar spoja s najvećim postotkom podudaranja unutrašnje strane poklopca limenke Uzorak 7.

Tablica 41. Rezultati analize vanjske strane poklopca limenke te vanjske i unutrašnje strane tijela limenke (Uzorak 7.) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

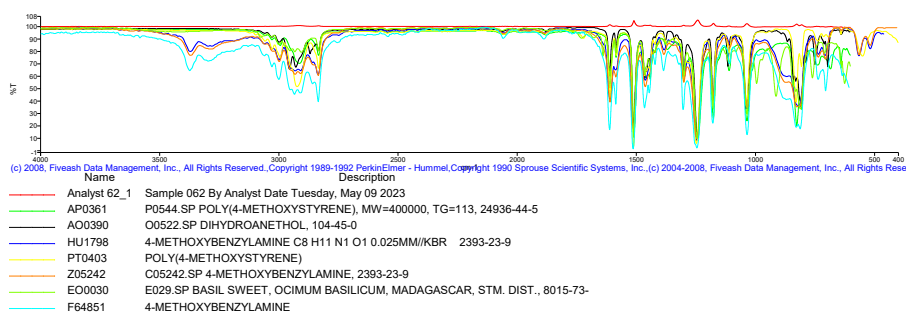
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| P0544.SP poli(4-metoksistiren), masa=400000, TG=113, 24936-44-5 | 0,978544 |
| O0522.sp dihidroanetol, 104-45-0 | 0,931797 |
| 4-metoksibenzilamin C8 H11 N1 O1 0.025MM//KBR 2393-23-9 | 0,907998 |
| Poli(4-metoksistiren) | 0,906067 |
| C05242.sp 4-metoksibenzilamin, 2393-23-9 | 0,902396 |
| E029.sp Slatki bosiljak, Ocimum Basilicum, Madagaskar, STM. DIST., 8015-73- | 0,881002 |
| 4-metoksibenzilamin | 0,869259 |



Slika 41. FT-IR spektar vanjske strane poklopca limenke te vanjske i unutrašnje strane tijela limenke (Uzorak 7.).

Tablica 42. Rezultati analize vanjske i unutrašnje strane poklopca limenke (Uzorak 8.) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

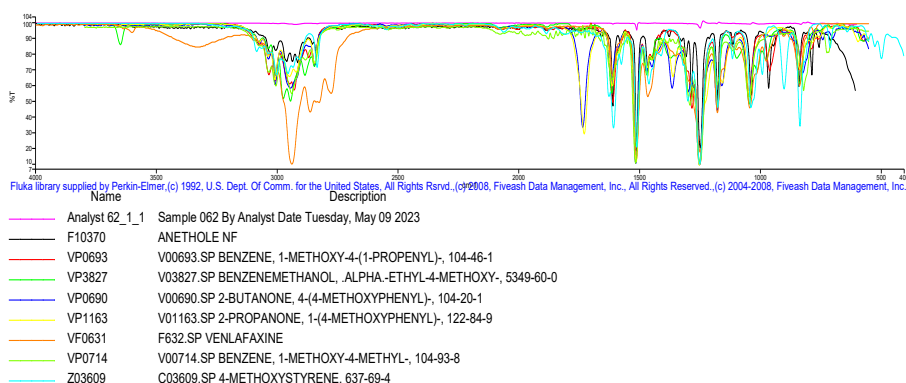
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| P0544.SP poli(4-metoksistiren), masa=400000, TG=113, 24936-44-5 | 0,978544 |
| O0522.sp dihidroanetol, 104-45-0 | 0,931797 |
| 4-metoksibenzilamin C8 H11 N1 O1 0.025MM//KBR 2393-23-9 | 0,907998 |
| Poli(4-metoksistiren) | 0,906067 |
| C05242.sp 4-metoksibenzilamin, 2393-23-9 | 0,902396 |
| E029.sp Slatki bosiljak, Ocimum Basilicum, Madagaskar, STM. DIST., 8015-73- | 0,881002 |
| 4-metoksibenzilamin | 0,869259 |



Slika 42. FT-IR spektar vanjske i unutrašnje strane poklopca limenke (Uzorak 8.).

Tablica 43. Rezultati analize vanjske i unutrašnje strane tijela limenke (Uzorak 8.) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

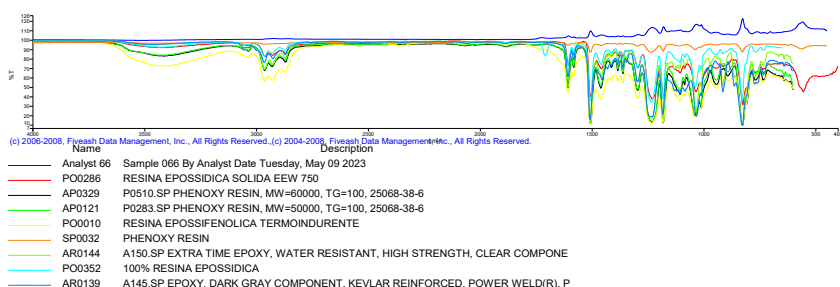
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|--|-----------------|
| Anetol NF | 0,674918 |
| V00693.SP benzen, 1-metoksi-4-(1-propenil)-, 104-46-1 | 0,59922 |
| V03827.SP benzenmetanol, α-etil-4-metoksi-, 5349-60-0 | 0,57984 |
| V00690.SP 2-butanon, 4-(4-metoksifenil)-, 104-20-1 | 0,574578 |
| V01163.SP 2-propanon, 1-(4-metoksifenil)-, 122-84-9 | 0,531301 |
| F632.SP venlafaksin | 0,530203 |
| V00714.SP benzen, 1-metoksi-4-metil-, 104-93-8 | 0,522106 |
| C03609.SP 4-metoksistiren, 637-69-4 | 0,50187 |



Slika 43. FT-IR spektar vanjske i unutrašnje strane tijela limenke (Uzorak 8.).

Tablica 44. Rezultati analize vanjske strane dna limenke (Uzorak 8.) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

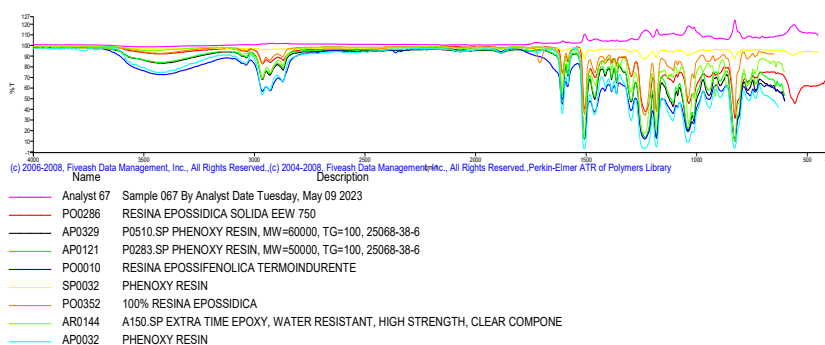
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Kruta epoksidna smola EEW 750 | 0,917009 |
| P0510.SP fenoksi smola, MW=60000, TG=100, 25068-38-6 | 0,888924 |
| P0283.SP fenoksi smola, MW=50000, TG=100, 25068-38-6 | 0,881125 |
| Termootporna epoksidna smola | 0,872262 |
| Fenoksi smola | 0,867313 |
| A150.SP epoksidna smola s produženim vremenom sušenja, vodootporna, visoka čvrstoća, prozirna komponenta | 0,835007 |
| 100 % epoksidna smola | 0,833809 |
| A145.sp epoksid, tamno siva komponenta, kevlarom ojačana, Power Weld(R) | 0,828993 |



Slika 44. FT-IR spektar vanjske strane dna limenke (Uzorak 8.).

Tablica 45. Rezultati analize unutrašnje strane dna limenke (Uzorak 8.).dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

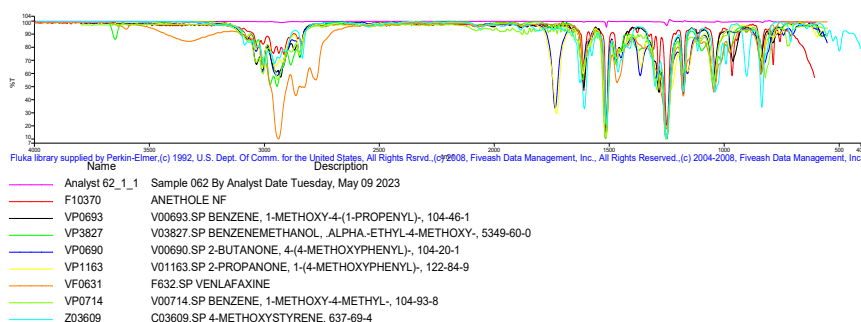
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Kruta epoksidna smola EEW 750 | 0,918212 |
| P0510.SP fenoksi smola, MW=60000, TG=100, 25068-38-6 | 0,893824 |
| P0283.SP fenoksi smola, MW=50000, TG=100, 25068-38-6 | 0,886181 |
| Termootporna epoksidna smola | 0,877815 |
| Fenoksi smola | 0,871149 |
| 100 % epoksidna smola | 0,83915 |
| A150.SP epoksidna smola s produženim vremenom sušenja, vodootporna, visoka čvrstoća, prozirna komponenta | 0,36008 |
| Fenoksi smola | 0,833326 |



Slika 45. FT-IR spektar unutrašnje strane dna limenke (Uzorak 8.).

Tablica 46. Rezultati analize vanjske i unutrašnje strane poklopca limenke (Uzorak 9.) dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudaranja.

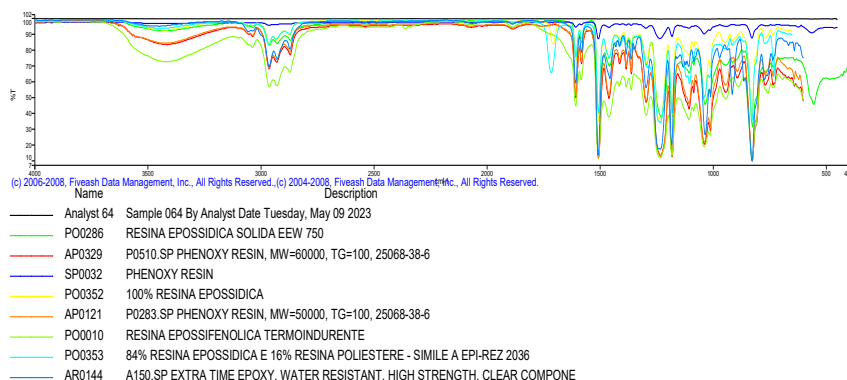
| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Anetol NF | 0,674918 |
| V00693.SP benzen, 1-metoksi-4-(1-propenil)-, 104-46-1 | 0,59922 |
| V03827.SP benzenmetanol, α -etil-4-metoksi-, 5349-60-0 | 0,57984 |
| V00690.SP 2-butanon, 4-(4-metoksifenil)-, 104-20-1 | 0,574578 |
| V01163.SP 2-propanon, 1-(4-metoksifenil)-, 122-84-9 | 0,531301 |
| F632.SP venlafaksin | 0,530203 |
| V00714.SP benzen, 1-metoksi-4-metil-, 104-93-8 | 0,522106 |
| C03609.SP 4-metoksistiren, 637-69-4 | 0,50187 |



Slika 46. FT-IR spekter vanjske i unutrašnje strane poklopca limenke (Uzorak 9.).

Tablica 47. Rezultati analize vanjske strane tijela limenke (uzorak 9) sa imenima spojeva i njihovom podudarnošću.

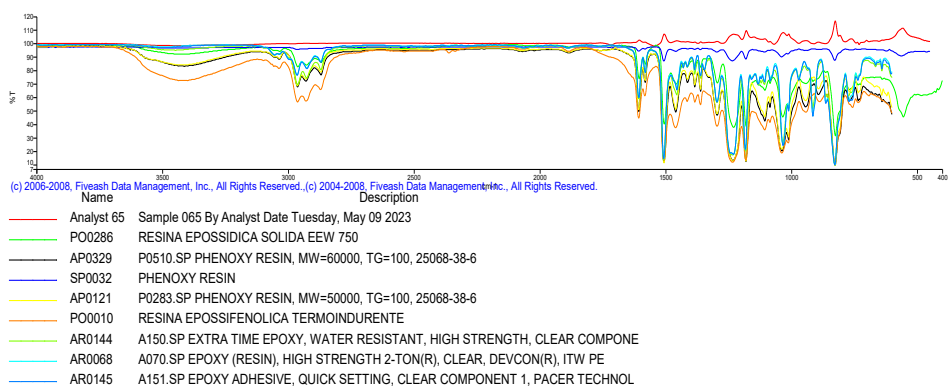
| Ime spoja | Maseni udio spoja (%) |
|--|-----------------------|
| Kruta epoksidna smola EEW 750 | 0,808892 |
| P0510.SP fenoksi smola, MW=60000, TG=100, 25068-38-6 | 0,770753 |
| Fenoksi smola | 0,765293 |
| 100 % epoksidna smola | 0,760628 |
| P0283.SP fenoksi smola, MW=50000, TG=100, 25068-38-6 | 0,759613 |
| Termootporna epoksidna smola | 0,756316 |
| 84% smola epoksida i 16% smola poliesteru - slično EPI-REZ 2036 | 0,742436 |
| A150.SP epoksidna smola s produženim vremenom sušenja, vodootporna, visoka čvrstoća, prozirna komponenta | 0,724309 |



Slika 47. FT-IR spektar vanjske strane tijela limenke (Uzorak 9.).

Tablica 47. Rezultati analize unutarnje strane tijela limenke (Uzorak 9.). dobiveni pomoću FTIR uređaja sa imenima spojeva koji su pronađeni u pivu i njihovim postocima podudarnosti.

| Ime spoja | Podudarnost (%) |
|---|-----------------|
| Kruta epoksidna smola EEW 750 | 0,886891 |
| P0510.SP fenoksi smola, MW=60000, TG=100, 25068-38-6 | 0,840074 |
| Fenoksi smola | 0,828704 |
| P0283.SP fenoksi smola, MW=50000, TG=100, 25068-38-6 | 0,828337 |
| Termootporna epoksidna smola | 0,820448 |
| A150.SP epoksidna smola s produženim vremenom sušenja, vodootporna, visoka čvrstoća, prozirna komponenta | 0,783215 |
| A070.sp epoksid (smola), visoka čvrstoća 2-ton(r), prozirna, Devcon(R), ITW PE | 0,783215 |
| A151.sp epoksidno ljepilo, brzo postavljanje, prozirna komponenta 1, Pacer technol | 0,777484 |



Slika 48. FT-IR spektar unutarnje strane tijela limenke (Uzorak 9.).

5. RASPRAVA

U ovom radu provedeno je istraživanje sa 9 različitih uzoraka piva proizvedenih u Republici Hrvatskoj i pakiranih u aluminijske limenke. Prije određivanja prisutnosti čestica mikroplastike u izrezanim dijelovima aluminijskih limenki, određena je njihova prisutnost u pivima te su rezultati prikazani u Tablicama 2.-22. i na Slikama 9.- 24. Rezultati su pokazali da su se u filtratima 9 uzoraka piva najviše pojavljivali sljedeći kemijski spojevi: 1. Polietilenimin celuloza, 2. Dekil poliglikozid, 3. Mikrokrystalna zrnca celuloze Genfarma, 4. Clozapine kapsule, 5. Rayon, 6. Dekil glukozid, 7. Polietilen kloruriran (DuPont), 8. Polietilenimin 80 % etoksiliran; osnovni polimer; 39,87 % čvrst, 9. Andaluzit, 10. TEP sredstvo za čišćenje tepiha, 11. mikrokrystalna zrnca celuloze i 12. gel za kosu Studio Line Anti-Frizz.

S obzirom na to da je polietilenimin celuloza organski spoj polietilenimina i celuloze, on rijetko sadrži čestice mikroplastike, iako se to može dogoditi. Dekil poliglikozid i dekil glukozid su neionski surfaktanti i s obzirom na to da su također organskog porijekla, rijetko sadrže čestice mikroplastike, ali nije nemoguće. Mikrokrystalna zrnca celuloze su isto tako organskog porijekla te u pravilu ne sadrže čestice mikroplastike, ali može se dogoditi. Isto vrijedi za Rayon, polusintetičko vlakno od celuloze. Clozapine kapsule (lijek za šizofreniju) i andaluzit (prirodni mineral) ne sadrže mikroplastiku. Međutim, polietilen kloruriran (DuPont) i vinil su polimeri koji se mogu razgraditi na način da od njih nastane mikroplastika i u ovom slučaju su klasificirani kao čestice mikroplastike. TEP sredstvo za čišćenje tepiha također sadrži mikroplastiku, a isto vrijedi i za kozmetički proizvod Studio Line Anti-Frizz gel za kosu. Ipak, sredstvo za čišćenje tepiha i gel za kosu su u visokim koncentracijama pronađeni samo u Uzorak 7 te Uzorak 8 u drugom i trećem pretraživanju FT-IR spektra, dok je polietilenimin kloruriran (DuPont) u visokim koncentracijama detektiran samo u Uzorak 4 u drugom pretraživanju FT-IR spektra. Nadaljem, polietilenimin celuloza je pronađena u visokim koncentracijama u Uzorak 2, Uzorak 3 te Uzorak 5 pivu u drugom i trećem pretraživanju FT-IR spektra, a u Uzorak 7, Uzorak 8 i Uzorak 9 prvom pretraživanju. Svi tragovi kozmetičkih proizvoda pronađeni u filtratima piva (paste za zube, vlažne maramice, kreme, losioni, gelovi, regeneratori, balzami, itd.) u pravilu ne sadrže mikroplastiku, ali ju je moguće pronaći. (Nurlatifah, Nakata H Monitoring of polymer type and plastics additives in coating film of beer cans from 16 countries. Scientific Reports 11, 22115, 2021.).

Mnoge detektirane kemikalije nisu nužno povezane sa mikroplastikom, no njihov značaj zahtjeva dodatna istraživanja. Moji rezultati pokazali su da u analiziranim vrstama piva nisu detektirane značajne količine mikroplastike. Na temelju rezultata FT-IR spektroskopije nije moguće precizno odrediti količine jer je metoda semi-kvantitativna. Čestice mikroplastike mogu na sebe vezati razne spojeve kao što su bisfenoli, ftalati i slično. U ovom istraživanju treba uzeti u obzir činjenicu da neki od kozmetičkih proizvoda detektiranih u pivima, mogu na sebi sadržavati mikroplastične kemikalije, ili biti vezani na čestice mikroplastike. U svakom slučaju, to se treba još istražiti.

U drugom dijelu istraživanja su analizirani izrezani dijelovi limenki piva (gornji i donji dio unutrašnjosti, gornji i donji dio vanjske strane te unutarnji i vanjski dio poklopca) te su rezultati prikazani u Tablicama 23.-48. i na Slikama 25.-48. Rezultati su pokazali da su se u limenkama 9 uzoraka piva najviše pojavljivali sljedeći kemijski spojevi: 1. Poli(1,4-cikloheksan-dimetilen tereftalat), 2. Fenoksi smola MW=60000 TG=100, 3. Poli (4-metoksistiren), 4. fenoksi smola, 5. kruta etoksilirana smola i 6. Poli-metil metakrilat koji su svi klasificirani kao mikroplastika te su se pojavljivali u najvišim koncentracijama u gornjem dijelu unutrašnjosti Uzorak 1, gornjem dijelu i donjem vanjske strane Uzorak 2, s unutarnje strane poklopca i s vanjske strane poklopca limenke te vanjske i unutrašnje strane tijela limenke Uzorak 7, sa vanjske i unutrašnje strane poklopca Uzorak 8, s vanjskog i unutarnjeg dijela poklopca te unutarnje strane gornjeg dijela limenke Uzorak 3 piva te u gornjem dijelu vanjske strane limenke uzorak 9, u prvom i drugom pretraživanju FT-IR spektra. Dekilpoliglikozid i polietilenimin 80 % etoksiliran; osnovni polimer; 39,87 % čvrst u pravilu ne sadrže mikroplastiku, ali ju je moguće pronaći te su se u najvećim koncentracijama pojavili u gornjem dijelu unutrašnjosti Uzorak 9. Ostale čestice koje sadrže mikroplastiku ili su sami mikroplastika, a pronađeni su u dijelovima limenki su adhezivi, osušena bijela akrilna boja, PET, poliester, elastomer termoplastični kopolimer, određeni kozmetički proizvodi, poli (butil metakrilat), glitter ljepilo, stiren/akrilonitril kopolimer.

Dobiveni rezultati nakon analize limenki su slični rezultatima objavljenim u radu Nurlatifah i Nakata (2021) u kojem su se analizirale pivske limenke iz 16 zemalja. U njihovom istraživanju 27 uzoraka aluminijskih limenki su podvrgnute FT-IR analizi pri čemu su najčešće detektirani i s najvećom sigurnošću spojevi : epoksi smole, PET, fenoksi smole, PEMA(polietil metakrilat),

poli(1,2-butanendiol isoftalat), poli(2,2-dimetil-1,3-propanediol ftalat), poli(butilen ftalat), poli(dialil ftalat), akrilna ljepila i drugi spojevi. Epoksi smola je bila najčešće detektirana u tijelu i poklopcu limenki. Rezultati dobiveni istraživanjem limenki sa područja RH pokazuju da se u hrvatskim pivima pakiranima u limenke najčešće detektirao poli(1,4-cikloheksan- dimetilen tereftalat). Ovaj ftalat se najčešće koristi za proizvodnju polimera (PET) ili za premazivanje polimera, kao plastifikator.(Web 2).

Istraživanje je pokazalo da limenke sa područja Europe imaju niži udio ftalata nego limenke iz Azije i Sjeverne Amerike. Buduća istraživanja trebala bi uključiti limenke iz drugih europskih zemalja da se utvrdi ima li razlike među kemikalijama u limenkama iz drugih zemalja, bilo da su piva proizvedena u njima ili se samo pune. To ukazuje na činjenicu da u Europi institucije strože reguliraju prisutnost ovakvih kemikalija u hrani i pićima te materijalima za pakiranje istih.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata dobivenih određivanjem FT-IR spektara filtrata i dijelova limenki (gornji i donji dio unutrašnjosti, gornji i donji dio vanjske strane te unutarnji i vanjski dio poklopca) devet različitih uzoraka piva pakiranih u aluminijske limenke u ovom diplomskom radu mogu se izvući sljedeći zaključci:

- Filtrati svih devet uzoraka piva sadrži čestice mikroplastike ili materijale koji u sebi sadrže čestice mikroplastike.
- Čestice mikroplastike polietilen kloruriran, sredstva za čišćenje tepiha i gela za kosu su u visokim koncentracijama pronađene u filtratima Uzorka 4 i Uzorka 8.
- Dijelovi limenki (gornji i donji dio unutrašnjosti, gornji i donji dio vanjske strane te unutarnji i vanjski dio poklopca) svih devet uzoraka piva sadrže čestice mikroplastike ili materijale koji u sebi sadrže čestice mikroplastike.
- Čestice mikroplastike poli(1,4-cikloheksan-dimetilen tereftalata), fenoksi smole MW=60000 TG=100, poli (4-metoksistirena), fenoksi smole, krute etoksilirane smole i poli-metil metakrilata su se pojavile u najvišim koncentracijama u gornjem dijelu unutrašnjosti Uzorak 1, gornjem i dijelu vanjske strane Uzorak 2, s unutarnje strane poklopca i s vanjske strane poklopca limenke te vanjske i unutrašnje strane tijela limenke Uzorak 7, sa vanjske i unutrašnje strane poklopca Uzorak 8, s vanjskog i unutarnjeg dijela poklopca te s unutarnje strane gornjeg dijela limenke Uzorak 3 i u gornjem dijelu vanjske strane limenke Uzorak 9.
- U dijelovima limenki su također pronađene i druge čestice koje sadrže mikroplastiku ili su same mikroplastika: adhezivi, osušena bijela akrilna boja, PET, poliester, elastomer termoplastični kopoliester, određeni kozmetički proizvodi, poli (butil metakrilat), glitter ljepilo, stiren/akrilonitril kopolimer.

7. LITERATURA

Barletta M, Lima ARA, Costa MF: Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. *Science of the Total Environment*, 651: 1199–1218, 2019.

Bogdanović Tanja, Sandra Petričević, Irena Listeš, Jelka Pleadin: Pojavnost mikroplastike u prehrambenom lancu i njen utjecaj na ljudsko zdravlje. *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu*, 24: 50-62, 2022.

Curley J, Castillo J, Hotz J, Uezono M, Hernandez S, Lim JO, Tigner J, Chasin M, Langer R, Berde C : Prolonged regional nerve blockade. Injectable biodegradable bupivacaine/polyester microspheres. *Anesthesiology*, 84:1401–1410, 1996.

Halambek J, Blažić M, Šarić T : Izvori aluminija u ljudskoj prehrani. VI. Međunarodni stručno-znanstveni skup Zaštita na radu i zaštita zdravlja, Zadar, 2016.

Ivar do Sul JA, Costa MF : The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185:352-364, 2013.

Laurence A: *The many benefits of canned craft beer*, 2015. <https://www.taptrail.com/the-many-benefits-of-canned-craft-beer/> [17.06.2023.]

Marić Vladimir : Tehnologija piva. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2009.

Nerland IL, Halsband C, Allan I, Thomas KV : Microplastics in marine environments: Occurrence, distribution and effects, *Norwegian Institute for Water Research* , Oslo, 2014.

Nurlatifah, Nakata H Monitoring of polymer type and plastic additives in coating film of beer cans from 16 countries. *Scientific Reports* 11:22115, 2021.

Prata JC: *Airborne microplastics: Consequences to human health?* Environmental Pollution, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.043> [16.6.2023.]

Robertson GL : *Food packaging-Principles and Practice*, Marcel Dekker, New York, 1993.

Sun J, Dai X, Wang Q, Loosdrecht MCM, Ni BJ : Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Reserch*, 152: 21–37, 2019.

Šakić Nedžad : Tehnologija proizvodnje piva, Privredna/Gospodarska komora Federacije Bosne i Hercegovine, ing.Nedžad Šakić,Sarajevo, 2005.

Vujković I, Galić K, Vereš M : Ambalaža za pakiranje namirnica.Tectus, Zagreb, 2007.

Welden N: *Microplastics: Emerging Contaminants Requiring Multilevel Management.* Waste, 2019.
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128150603000219> [16.6.2023.]

Zhang S, Wang J, Liu X, Qu F, Wang X, Wang X, Li Y, Sun Y : Microplastics in the environment: A review of analytical methods, distribution, and biological effect. *Trends in Analytical Chemistry*, 111: 62–72, 2019.

Web 1: <https://microplasticresearch.wordpress.com/what-ismicroplastic/> (20. 8. 2023.)

Web 2: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dimethyl-terephthalate>(1.9.2023.)